

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR BETON GEDUNG KANTOR PT. PLN JAWA BALI II TAHAP II SURABAYA DENGAN METODE DESAIN KAPASITAS



| PERENCANAAN ITS | |
|--------------------|-----------|
| Tgl. Terima | 14-8-2000 |
| Terima Dari | H |
| No. Agenda Prp. | 21.1794 |

RSS
690.523
Wid
 $\frac{m-1}{2000}$

Disusun oleh :

HERWAN WIDIYANTO
NRP. 3197 109 526

**PROGRAM S1 EKSTENSI - JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2000**



TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR BETON GEDUNG KANTOR PT. PLN JAWA BALI II TAHAP II SURABAYA DENGAN METODE DESAIN KAPASITAS

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



Ir. KURDIAN SUPRAPTO, MS

Disusun oleh :

HERWAN WIDIYANTO

NRP. 3197 109 526

**PROGRAM S1 EKSTENSI - JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2000**

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah saya panjatkan kepada Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Tugas akhir yang berjudul *"Modifikasi Perencanaan Struktur Beton Gedung Kantor PT. PLN Jawa Bali II Tahap II Dengan Metode Desain Kapasitas"* dengan sebaik-baiknya.

Tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat untuk melengkapi kurikulum Program Studi S-1 Ekstensi -Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan - Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusunan Tugas akhir ini disusun untuk memberikan pengertian cara perencanaan atau perhitungan suatu struktur dari gedung dengan aplikasinya dari ilmu ilmu yang diperoleh dari bangku kuliah.

Kami sepenuhnya menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan kali ini saya ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua Orang Tua saya yang senantiasa telah memberikan bantuan moril untuk terselesainya tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Gede Putu Raka, selaku Kajur Teknik Sipil
3. Bapak Ir. Kurdian Suprpto, MSc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir
4. Bapak Ir. Isdarmanu, MSc selaku dosen wali.
5. Segenap Karyawan yang ada pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang telah banyak membantu kelancaran proses kegiatan akademis.
6. Serta kawan-kawan semua yang dikampus, Kantor Citra Harmoni dan diproyek yang tidak bisa saya sebut satu-persatu.

Yang semuanya telah memberikan informasi maupun pengarahan demi terselesainya tugas akhir ini.

Karena keterbatasan waktu serta kemampuan, kami mengakui tugas akhir ini jauh dari sempurna. Sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun akan kami terima dengan senang hati.

Harapan kami semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kami khususnya serta pembaca yang ingin mempelajari perencanaan struktur beton untuk konstruksi gedung.

Surabaya Januari 2000

PENYUSUN

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR BETON
GEDUNG KANTOR PT. PLN JAWA BALI II TAHAP II
SURABAYA
DENGAN METODE DESAIN KAPASITAS**

Oleh :

HERWAN WIDIYANTO

3197 109 526

Desen Pembimbing :

Ir. KURDIAN SUPRAPTO, MS

ABSTRAK

Gedung PLN Jawa Bali II Tahap II Surabaya adalah merupakan sebuah gedung perkantoran yang terletak di jalan Ketintang Baru No. 14 A Surabaya. Gedung ini terdiri dari 6 lantai dan lantai atap.

Di dalam tugas akhir ini akan direncanakan ulang dan dimodifikasi struktur dari gedung tersebut dengan judul "Modifikasi Perencanaan Struktur Beton Gedung Kantor PT. PLN Jawa Bali II Tahap II Surabaya Dengan Metode Desain Kapasitas".

Tugas akhir ini dibatasi pada perencanaan strukturnya saja. Perencanaan meliputi perencanaan struktur utama yang terdiri dari perencanaan balok induk, perencanaan kolom, perencanaan shear wall dan perencanaan struktur bawah. Selain itu juga direncanakan unsur-unsur sekunder yaitu perencanaan pelat, perencanaan tangga dan balok listplank. Sedangkan untuk perencanaan terhadap gempa, struktur ini menggunakan daktilitas tingkat tiga (daktilitas penuh). Untuk memperoleh gaya-gaya dalam pada struktur ini, digunakan program bantu SAP 90 untuk analisa struktur utamanya. Sedangkan analisa gaya dalam pelat dipakai nilai koefisien-koefisien momen pada PBI '71 pasal 13.3 dan tabel 13.3.2.

Sebagai akhir dari penulisan ini, semua hasil perhitungan dan perencanaan kemudian dituangkan dalam bentuk gambar.

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------|
| Kata Pengantar, | i |
| Abstraks | iii |
| Daftar isi | iv |
| BAB I PENDAHULUAN. | |
| 1.1. Latar Belakang. | I-1 |
| 1.2. Permasalahan | I-2 |
| 1.3. Maksud Dan Tujuan | I-2 |
| 1.4. Lingkup Pembahasan | I-3 |
| 1.5. Konsep Desain | I-3 |
| BAB II DASAR – DASAR PERENCANAAN | |
| 2.1 Data-Data Bangunan | II-1 |
| 2.1.1.Data Umum Bangunan | II-1 |
| 2.1.2.Data Teknis Bangunan | II-1 |
| 2.1.3.Data Tanah. | II-2 |
| 2.2 Modifikasi Struktur | II-2 |
| 2.3 Peraturan Perencanaan | II-3 |
| 2.4 Mutu Bahan Yang Dipakai | II-3 |
| 2.5 Pembebanan Sturktur | II-4 |
| 2.5.1. Beban Vertikal | II-4 |
| 2.5.2. Beban Horisontal | II-4 |
| 2.6 Metode Analisa Dan Perhitungan | II-5 |
| 2.7 Perencanaan Struktur Tahan Gempa | II-5 |
| 2.7.1. Pengertian Daktilitas | II-6 |
| 2.7.2. Perencanaan Dengan Daktilitas Penuh | II-6 |
| 2.7.3. Persyaratan Perencanaan Seismik Untuk Komponen Struktur Dengan Daktilitas Penuh | II-15 |

BAB III PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

| | | |
|--------|--|--------|
| 3.1 | Perencanaan Pelat | III-1 |
| 3.1.1. | Data Perencanaan | III-2 |
| 3.1.2. | Peraturan yang digunakan | III-2 |
| 3.1.3. | Preliminary Desain | III-2 |
| 3.1.4. | Pembebanan Pelat | III-8 |
| 3.1.5. | Pemodelan Dan Analisa Momen Pelat | III-9 |
| 3.1.6. | Perhitungan Penulangan Pelat | III-9 |
| 3.1.7. | Pemeriksaan Pelat Terhadap Lendutan | III-19 |
| 3.1.8. | Kontrol Terhadap Retak | III-20 |
| 3.2 | Analisa Dan Perencanaan Tangga | III-20 |
| 3.2.1 | Preliminary Desain | III-20 |
| 3.2.2 | Pembebanan Tangga Dan Bordes | III-23 |
| 3.2.3 | Perhitungan Gaya Dalam Tangga | III-24 |
| 3.2.4 | Penulangan Tangga Dan Bordes | III-25 |
| 3.3. | Perencanaan Balok Anak Tepi | III-31 |
| 3.3.1. | Pembebanan Balok Anak Tepi | III-31 |
| 3.3.2. | Perhitungan Gaya Dalam Balok Anak Tepi | III-35 |
| 3.3.3. | Penulangan Balok Anak Tepi | III-38 |
| 3.3.4. | Kontrol Lendutan | III-47 |
| 3.3.5. | Kontrol Terhadap Retak | III-48 |

BAB IV ANALISA STRUKTUR UTAMA

| | | |
|--------|---|-------|
| 4.1 | Kriteria Desain | IV-1 |
| 4.2 | Analisa Struktur Utama | IV-1 |
| 4.3 | Pembebanan Struktur Utama | IV-2 |
| 4.3.1. | Perhitungan. Pembebanan Struktur Utama Akibat Beban Gravitasi | IV-3 |
| 4.3.2. | Perhitungan Gaya Geser Dasar Horisontal Akibat Gempa | IV-14 |
| 4 | Input Data SAP 90 | IV-20 |

BAB V PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

| | | |
|-----|------------------|-----|
| 5.1 | Persyaratan Umum | V-1 |
|-----|------------------|-----|

| | | |
|-------|---|------|
| 5.2 | Perhitungan Penulangan Balok Induk | V-2 |
| 5.2.1 | Penulangan Lentur Balok Induk | V-2 |
| 5.2.2 | Perhitungan Geser Dan Torsi | V-7 |
| 5.3. | Perhitungan Penulangan Balok Portal | V-18 |
| 5.3.1 | Perencanaan Kolom Terhadap Lentur dan Gaya Aksial | V-18 |
| 5.3.2 | Perencanaan Terhadap Gaya Geser | V-27 |
| 5.3.3 | Contoh Perhitungan Penulangan Kolom | V-30 |
| 5.4. | Perhitungan Pertemuan Balok Kolom | V-38 |
| 5.4.1 | Penulangan Geser Horisontal | V-43 |
| 5.4.2 | Penulangan Geser Vertikal | V-44 |
| 5.5. | Penulangan Dinding Geser | V-44 |
| 5.5.1 | Penulangan Horisontal Dinding Geser | V-47 |
| 5.5.2 | Penulangan Geser Vertikal | V-48 |
| 5.5.3 | Penulangan Lentur | V-49 |

BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

| | | |
|-------|--|-------|
| 6.1. | Data Tanah | VI-1 |
| 6.2. | Perencanaan Jumlah Tiang Pancang | VI-1 |
| 6.2.1 | Daya Dukung Tiang | VI-2 |
| 6.2.2 | Daya Dukung Tiang Pancang Yang Berdiri Sendiri | VI-2 |
| 6.2.3 | Daya Dukung Tiang Pancang Dalam Kelompok | VI-4 |
| 6.3 | Perencanaan Poer (Pile Cap) | VI-11 |
| 6.3.1 | Kontrol Geser Pons | VI-11 |
| 6.3.2 | Penulangan Lentur | VI-13 |
| 6.3.3 | Perhitungan Geser Pada Penampang Kritis | VI-15 |
| 6.4. | Perencanaan Sloof (Tie Beam) | VI-16 |
| 6.4.1 | Dimensi Sloof | VI-16 |
| 6.4.2 | Penulangan Lentur Sloof | VI-17 |
| 6.4.3 | Penulangan Geser | VI-18 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

TUGAS AKHIR

BAB I **PENDAHULUAN**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Semakin tinggi suatu gedung maka semakin banyak ruangan yang diperlukan untuk struktur, sistem mekanis dan transportasi vertikal, sehingga luas lantai akan menjadi berkurang. Dalam perencanaan gedung tinggi maka perlu ditentukan unsur-unsur struktur dasar bangunan sebagai pendukung beban yang sesuai dengan fungsi dari bangunan tersebut.

Gedung PLN Jawa Bali II Tahap II Surabaya adalah suatu gedung yang berfungsi sebagai kantor yang terletak di jalan Ketintang Baru no.14A Surabaya. Desain gedung milik PT. PLN Persero ini menggunakan sistem beton bertulang pada seluruh struktur utamanya.

Pada tugas akhir ini, gedung tersebut direncanakan ulang dengan menggunakan struktur beton bertulang dengan Metode Desain Kapasitas. Penempatan sistem transportasi dan distribusi energi (misalnya lift) sekaligus dimanfaatkan sebagai inti bangunan yang tergantung pada ukuran dan fungsinya. Inti-inti ini untuk selanjutnya digunakan sebagai sistem dinding geser untuk memenuhi kekakuan lateral yang diperlukan bangunan.

Sesuai dengan fungsinya maka sistem struktur yang dipilih disini adalah dinding geser rangka (Framed Core) yaitu dengan penempatan shear wall terletak ditengah dari gedung utama dan kolom-kolom yang direncanakan terletak di tepi, dan tengah bangunan.

Kriteria perencanaan struktur gedung tahan gempa yang daktail faktor jenis struktur K yang minimum merupakan suatu perencanaan yang cukup realistis dan ekonomis.

1.2 PERMASALAHAN

Didalam perencanaan gedung ini, ada beberapa permasalahan yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

- Perencanaan struktur dengan tingkat daktilitas penuh (tiga) akan membawa konsekuensi pendetailan yang khusus dan perencanaan gaya-gaya dengan konsep desain kapasitas yang lebih teliti dari pada dengan konsep kekuatan batas. Dengan konsep desain kapasitas ini, struktur diharapkan dapat memberikan respon inelastis terhadap beban siklis yang bekerja dan mampu menjamin pengembangan mekanisme sendi plastis pada elemen-elemen yang ditentukan dengan kapasitas disipasi energi yang merata tanpa kerusakan struktur. Dengan demikian terjadinya mekanisme sendi plastis harus dikendalikan, dimana sendi plastis tersebut diharapkan terjadi di tempet-tempat yang telah ditentukan, dengan cara meningkatkan kekuatan unsur yang berbatasan. Dalam hal ini sendi-sendi plastis harus terjadi pada balok, sehingga struktur direncanakan dengan prinsip *Strong Column Weak Beam* (kolom kuat balok lemah).
- Pada analisa penampang, bagaimana menghitung jumlah tulangan penguat pada beton non pratekan agar dapat memenuhi syarat-syarat serviceability dan nilai K yang telah ditentukan berdasarkan SKSNI T-15-1991-03.
- Permasalahan lainnya adalah dalam hal pendetailan khusus untuk komponen-komponen dan join-joinnya menjamin agar perilaku struktur memuaskan pada saat terjadi kasus gempa yang kuat sekalipun.

1.3 MAKSUD DAN TUJUAN

Tujuan perencanaan secara garis besar adalah untuk merancang struktur yang rasional dengan memenuhi syarat-syarat keamanan atas struktur, berdasarkan kekuatan dan deformasi yang timbul didalam struktur akibat pembebanan khusus yang direncanakan balok bekerja pada struktur.

Pada perencanaan struktur dengan daktilitas penuh atau daktilitas tingkat 3 ($\mu = 4$) harus direncanakan terhadap beban siklis gempa kuat sedemikian rupa dengan

pendetailan khusus sehingga mampu menjamin terbentuknya sendi-sendi plastis dengan kapasitas pemencaran energi yang diperlukan. Hal ini beban gempa rencana dapat diperhitungkan dengan menggunakan faktor jenis struktur K minimum sebesar 1,0.

Dengan kata lain perencanaan ini bertujuan untuk menganalisa struktur dengan gaya-gaya dalam yang terjadi, sebagai batas keamanan struktur yang ada dapat dikontrol dan dapat dirancang struktur yang aman dan kuat serta untuk menerapkan ilmu pada perencanaan struktur yang sebenarnya.

1.4 LINGKUP PEMBAHASAN

Ruang lingkup Tugas Akhir ini terbatas pada modifikasi perencanaan struktur beton pada Gedung Kantor PT. PLN Jawa Bali II Tahap II Surabaya yang memiliki 6 lantai, dengan rincian perencanaan sebagai berikut :

1. Perencanaan struktur sekunder yang meliputi pendimensian dan penulangan pelat, balok anak dan tangga.
2. Perencanaan struktur utama meliputi pendimensian dan penulangan kolom, balok induk dan dinding geser.
3. Perencanaan struktur bawah yang meliputi perencanaan pondasi dalam, sloof dan poor (pile cap).

Hasil perhitungan dituangkan dalam bentuk gambar-gambar struktur berupa penulangan pelat, baalok, kolom shear wall dan pondasi yang dibuat dengan memperhatikan pendetailan yang disyaratkan dalam peraturan.

1.5 KONSEP DESAIN

Ada dua aspek yang sangat penting yang menjadi landasan desain, yaitu aspek teknis dan aspek ekonomis.

1.5.1 Aspek Teknis.

Falsafah dasar dalam merencanakan bangunan dengan struktur tahan gempa adalah :

- Bangunan tidak boleh rusak oleh gempa kecil

- Akibat gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan hanya pada elemen-elemen sekunder
- Akibat gempa besar, bangunan boleh rusak asal tidak mengalami keruntuhan mendadak (brittle), untuk dapat memenuhi falsafah tersebut maka suatu struktur harus direncanakan dengan desain tertentu.

Jenis struktur suatu bangunan biasanya selalu dihubungkan dengan tingkat daktilitas struktur. Semakin tinggi tingkat daktilitas, maka akan semakin rendah jenis struktur.

Faktor jenis struktur ini seperti halnya faktor-faktor daktilitas akan mempengaruhi respon struktur tahan gempa. Faktor jenis struktur gedung yang direncanakan dengan tingkat daktilitas tiga mempunyai nilai faktor $K = 1$.

1.5.2 Aspek Ekonomis.

Pada tugas akhir ini, kami selaku penulis tidak membahas mengenai hal-hal yang berkaitan dengan masalah biaya.

TUGAS AKHIR

BAB II

DASAR - DASAR PERENCANAAN

BAB II

DASAR - DASAR PERENCANAAN

Dalam merencanakan struktur gedung ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagaimana yang diuraikan di bawah ini :

2.1. DATA - DATA BANGUNAN

Gedung yang akan dihitung adalah Gedung Kantor PT. PLN Jawa Bali II Tahap II Surabaya, dengan data-data sebagai berikut :

2.1.1 Data Umum Bangunan.

Gedung Kantor PT. PLN Jawa Bali II Tahap II merupakan gedung perkantoran dengan 6 lantai dan lantai atap. Gedung ini didirikan di Surabaya, dan berfungsi sebagai kantor pusat Jawa dan Bali. Gambar denah dan tampak dari gedung kantor ini terlampir dibagian belakang tugas akhir ini. Sedangkan data lainnya akan diuraikan sebagai berikut :

| | |
|---------------|---|
| Nama gedung | : Kantor PT. PLN Jawa Bali II Surabaya. |
| Lokasi | : Jln. Ketintang Baru No. 14A Surabaya. |
| Fungsi gedung | : Perkantoran. |

2.1.2 Data Teknis Bangunan.

Adapun data teknis bangunan sebelum dilakukan modifikasi adalah :

| | |
|---------------|---|
| Struktur | : Beton bertulang. |
| Luas lantai | : 5385,6 m ² . |
| Beda Lantai | : 5,50 m untuk lantai 1, dan 4,00 m untuk lantai 2 s/d 6. |
| Jumlah lantai | : 6 lantai. |
| Struktur atap | : Atap Baja. |
| Pondasi | : Tiang pancang. |

2.1.3 Data Tanah.

Data tanah diperoleh dari penyelidikan tanah yang dilakukan oleh Laboratorium Mekanika Tanah Institut Teknologi Sepuluh Nopember Program DIII Teknik Sipil yang diselesaikan pada tanggal 30 Agustus 1996.

Pengambilan SPT dilakukan sampai dengan kedalaman 35 m sebanyak 2 titik, sedangkan data sondir dilakukan sebanyak 3 titik. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran Data Tanah. Dari hasil penyelidikan tanah didapat bahwa gedung Kantor PT. PLN Jawa Bali II Tahap II Surabaya ini terletak pada lokasi tanah lunak. Hal ini menyebabkan dibutuhkan pondasi dalam (Tiang Pancang) dengan kedalaman yang memadai untuk memikul struktur gedung tersebut.

2.2. MODIFIKASI STRUKTUR

Adapun modifikasi yang penulis ambil di dalam perencanaan ulang dari struktur Gedung Kantor PT. PLN Jawa Bali II Tahap II Surabaya ini adalah berupa :

- Sistem struktur yang dipakai adalah sistem Framed Core
- Perencanaan di sini hanya ditinjau dari segi teknisnya saja, tanpa meninjau segi estetis maupun ekonomis.
- Melakukan modifikasi pada lantai tipikal sehingga secara keseluruhan menjadi 6 lantai dan lantai atap.
- Pelat dianggap sebagai diafragma yang kaku untuk mendistribusikan beban lateral kepada kolom portal dan shear wall.
- Untuk perencanaan pondasi tiang pancang, penulis menggunakan tiang pancang yang sudah ada di pasaran.

2.3 PERATURAN PERENCANAAN

Didalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis memakai pedoman dari beberapa Peraturan yang ada antara lain :

- Peraturan Beton Indonesia 1971 (PBI ' 71)
- Standar Perhitungan Struktur Beton untuk bangunan gedung (SKSNI T-15-1991-03)
- Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung 1983 (PPI ' 83)
- Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPTGIUG'83)
- Peraturan - peraturan penunjang lainnya.

2.4. MUTU BAHAN YANG DIPAKAI

Untuk penulangan lentur struktur kolom, balok dan tangga tulangan yang dipakai direncanakan menggunakan tulangan deform yaitu tulangan yang memiliki bentuk permukaan khusus (bergerigi, berulir) yang diharapkan mampu memiliki daya lekat yang baik terhadap beton. Sedangkan penulangan pelat lantai dan atap digunakan tulangan polos dengan mutu yang berbeda dengan mutu yang digunakan pada struktur kolom, balok dan tangga.

Adapun mutu bahan yang dipakai adalah sebagai berikut :

1. Mutu beton (f_c') = 30 MPa (SKSNI 3.14.2.4)
2. Mutu baja (f_y) : (SKSNI 3.14.2.5)
 - Untuk kolom, balok dan tangga (f_y) = 400 Mpa
 - Untuk pelat (f_y) = 240 Mpa.

2.5. PEMBEBANAN STRUKTUR

Struktur dan komponennya dirancang sedemikian rupa sehingga semua penampang mempunyai kuat rancang minimum sama dengan kuat perlu. Kuat perlu dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya berfaktor yang sesuai dengan ketentuan yang ada dalam SKSNI T-15-1993-03.

Jenis-jenis pembebanan yang harus diperhitungkan dalam perencanaan ulang struktur Gedung PT. PLN Jawa Bali II Tahap II Surabaya ini adalah :

2.5.1. Beban Vertikal

1. Beban Mati

Mencakup beban-beban yang disebabkan oleh berat sendiri struktur yang bersifat tetap dan bagian lain yang tak terpisahkan dari gedung. Beban mati akan didapatkan setelah perhitungan struktur sekunder didapatkan, yaitu perhitungan pelat, tangga dan balok anak.

2. Beban Hidup

Mencakup semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan dari gedung. Dimana pedoman tentang beban hidup ini diatur dalam PPI '83, yang termasuk dalam jenis beban hidup ini adalah barang-barang yang bersifat tidak permanen. Beban hidup boleh direduksi dengan koefisien reduksi sebesar 1,0 untuk beban pelat, 0,6 untuk beban portal dan 0,3 untuk peninjauan beban gempa.

2.5.2. Beban Horisontal

1. Beban Angin

Beban angin akan turut diperhitungkan bila tinggi dari bangunan lebih dari 16 m. Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan negatif (isapan) yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau, dimana pedoman tentang beban angin ini diatur dalam PPI '83.

2. Beban Gempa

Mencakup semua beban statis ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menurunkan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut. Dalam hal ini pengaruh gempa pada struktur ditentukan berdasarkan suatu analisa statis, maka yang diartikan gempa disini adalah gaya - gaya di dalam struktur tersebut. Beban gempa yang dikenakan pada struktur gedung ini didasarkan pada PPTGIUG '83 dengan zone 4 (untuk kota Surabaya).

2.6. METODE ANALISA DAN PERHITUNGAN

Metode-metode yang dipakai dalam analisa struktur gedung Kantor PT. PLN Jawa Bali II Tahap II Surabaya ini adalah sebagai berikut :

1. Pada perhitungan gaya-gaya dalam pelat lantai digunakan koefisien-koefisien momen dari PBI '71 pasal 13.3 dan tabel 13.3.2. Untuk perencanaan strukturnya menggunakan metode Kekuatan Batas.
2. Untuk perhitungan struktur utama (balok dan kolom) menggunakan metode Desain Kapasitas sesuai yang telah diuraikan sebelumnya.
3. Untuk analisa statis struktur utama digunakan analisa tiga dimensi paket program SAP 90. Struktur utama akan dimodelkan sebagai *Struktur Open Frame (Space Frame)*.

2.7. PERENCANAAN STRUKTUR TAHAN GEMPA

Menurut PPTGIUG '83 pasal 3.5 menyebutkan bahwa gedung yang tingginya lebih dari 40 meter harus dilakukan analisa dinamik. Yang didasarkan atas perilaku struktur yang bersifat elastis penuh terhadap beban gempa. Sedangkan untuk ketinggian kurang dari 40 meter boleh dianalisa dengan statis ekuivalen. Untuk perencanaan struktur

gedung ini dengan ketinggian kurang dari 40 meter, maka struktur dianalisa dengan metode statis ekuivalen.

2.7.1. Pengertian Daktilitas

Sesuai dengan filosofi perencanaan bangunan tahan gempa di Indonesia menurut PPTGIUG ' 83 bahwa perencanaan bangunan dari suatu struktur gedung pada daerah gempa haruslah menjamin struktur bangunan tersebut agar tidak rusak atau runtuh oleh gempa kecil atau sedang, tetapi terhadap gempa besar struktur utama boleh rusak tetapi tidak boleh sampai terjadi keruntuhan gedung sehingga masih ada usaha penyelamatan diri oleh para pemakaiannya.

Hal ini akan dapat tercapai jika struktur gedung tersebut mampu melakukan perubahan bentuk secara daktail dengan cara memancarkan energi gempa serta membatasi gaya gempa yang bekerja padanya.

Melelehnya elemen-elemen struktur akibat gempa kuat ditandai dengan terbentuknya sejumlah sendi plastis. Jadi sesungguhnya pada fase ini perilaku struktur tidak lagi linier.

Suatu ukuran bagi kemampuan struktur untuk menyimpan dan memancarkan energi adalah perbandingan antara simpangan maksimum (Δu) dan simpangan awal pada saat leleh pertama (Δy) yang disebut faktor daktilitas (μ). Untuk menjamin terjadinya daktilitas yang cukup pada suatu struktur tersebut, maka harus dipenuhi syarat-syarat pendetailan yang diatur dalam PPTGIUG ' 83.

2.7.2. Perencanaan Dengan Tingkat Daktilitas Penuh

Didalam buku Pedoman Perencanaan untuk Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983, menetapkan suatu taraf beban gempa rencana yang menjamin suatu struktur agar tidak rusak karena gempa kecil atau sedang, tetapi saat dilanda gempa kuat yang jarang terjadi, struktur tersebut mampu berperilaku daktail dengan memancarkan energi gempa dan sekaligus membatasi beban gempa yang masuk kedalam struktur. Untuk menghadapi gempa kuat yang mungkin terjadi dalam periode waktu tertentu, misalnya 200 tahun, maka mekanisme keruntuhan

suatu portal rangka terbuka beton bertulang dipilih sedemikian rupa, sehingga pemencaran energi gempa terjadi secara memuaskan dan keruntuhan yang bersifat katastropik dapat dihindari.

Pada prinsipnya perencanaan dengan tingkat daktilitas tiga struktur beton diproporsikan sedemikian rupa sehingga penyelesaian detail khusus akan memungkinkan suatu struktur memberikan respon inelastis terhadap beban siklis yang bekerja dan mampu menjamin pengembangan mekanisme sendi plastis dengan kapasitas disipasi energi yang diperlukan tanpa mengalami keruntuhan. Beban rancang lateral dasar yang ditetapkan dalam PPTIUG '83 harus diperhitungkan dengan faktor K sebesar 1,0. Metode perencanaan disebut Perencanaan Kapasitas (*Capacity Design*) dengan prinsip kolom kuat balok lemah (*Strong Column Weak Beam*). Keruntuhan geser pada balok yang bersifat getas juga diusahakan agar tidak terjadi terlebih dahulu dari kegagalan akibat beban lentur pada sendi-sendi plastis balok setelah mengalami rotasi-rotasi yang cukup besar.

Dengan konsep desain kapasitas elemen-elemen utama penahan beban gempa dapat dipilih, direncanakan dan didetail sedemikian rupa, sehingga mampu memencarkan energi gempa dengan deformasi inelastis yang cukup besar tanpa runtuh, sedangkan elemen-elemen lainnya diberi kekuatan yang cukup, sehingga mekanisme yang telah dipilih dapat dipertahankan pada saat terjadi gempa kuat.

Sedangkan langkah-langkah perencanaan struktur utama dengan daktilitas penuh adalah sebagai berikut :

A. Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Lentur.

Kuat lentur perlu balok portal dinyatakan dengan $M_{u,b}$ harus ditentukan berdasarkan kombinasi pembebanan tanpa atau dengan beban gempa, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{u,b} &= 1.2 * M_{D,b} + 1.6 * M_{L,b} && : (\text{SKSNI 3.2.1}) \\ &= 1.05 * (M_{D,b} + M_{LR,b} + M_{E,b}) && : (\text{SKSNI 3.2.4a}) \\ &= 0.9 * (M_{D,b} + M_{E,b}) && : (\text{SKSNI 3.2.4b}) \end{aligned}$$

Dimana :

$M_{D,b}$ = Momen lentur balok portal akibat beban mati tak berfaktor.

$M_{L,b}$ = Momen lentur balok portal akibat beban hidup tak berfaktor.

$M_{LR,b}$ = Momen lentur balok portal akibat beban hidup tak berfaktor yang telah direduksi menurut SNI '83 yaitu sebesar 0.60 (untuk perkantoran).

$M_{E,b}$ = Momen akibat beban gempa tak berfaktor.

Dalam metode desain kapasitas ini perlu dihitung kapasitas lentur sendi plastis balok setelah dilakukan penulangan lenturnya. Guna memperhitungkan adanya kemungkinan peningkatan kuat lentur penampang balok di daerah sendi plastis, SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.14.4.2 menetapkan :

$$M_{kap,b} = \Phi_o * M_{nak,b}$$

dengan :

$$\Phi_o = 1.25 \quad \text{untuk } f_y \leq 400 \text{ MPa}$$

$$\Phi_o = 1.40 \quad \text{untuk } f_y \geq 400 \text{ MPa.}$$

$M_{nak,b}$ = Kuat momen lentur nominal aktual balok yang dihitung dari tulangan yang sebenarnya ada pada penampang balok yang ditinjau.

$M_{kap,b}$ = Kapasitas lentur aktual balok pada pusat pertemuan balok kolom dengan memperhitungkan luas tulangan yang sebetulnya terpasang.

B. Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Geser.

Sesuai dengan konsep desain kapasitas, kuat geser balok portal yang dibebani oleh beban grafitasi sepanjang bentangnya harus dihitung dalam kondisi terjadi sendi-sendi plastis pada keduaa ujung balok portal tersebut, dengan tanda yang berlawanan (positif dan negatif).

Gaya geser rencana :

$$V_{u,b} = 0.7 \frac{M_{kap} + M_{kap'}}{L_n} + 1.05 \cdot V_g$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u,b} = 1.05 \left[V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4.0}{K} V_{E,b} \right]$$

Dengan :

M_{kap} = Momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada salah satu ujung balok atau bidang muka kolom.

$M_{kap'}$ = Momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada ujung atau bidang muka kolom di sebelahnya.

L_n = Bentang bersih balok.

$V_{D,b}$ = Gaya geser balok akibat beban mati tak berfaktor.

$V_{L,b}$ = Gaya geser balok akibat beban hidup tak berfaktor.

$V_{E,b}$ = Gaya geser akibat beban gempa tak berfaktor.

V_g = Gaya geser akibat beban gravitasi.

C. Perencanaan Kolom Portal

Akibat pengaruh beban statis ini banyak kemungkinan terjadinya sendi plastis pada ujung-ujung kolom di atas lantai dasar. Untuk mencegah terjadinya sendi plastis ini, SKSNI T-15-1991-03 menentukan penggunaan koefisien pembesar dinamis (ω_d), sehingga momen rencana kolom menjadi :

$$\sum M_{u,k} = 0.70(\omega_d) \sum M_{kap,b}$$

atau

$$M_{u,k} = 0.70 (\omega_d) \alpha_k (M_{kap,b,k} + M_{kap,b,ka})$$

Tetapi dalam segala hal tidak boleh lebih besar dari :

$$\sum Mu, k = 1,05(MD, k + ML, k + \frac{4,0}{K} + ME, k)$$

Dimana :

$\sum Mu, k$ = Jumlah momen rencana kolom pusat join. Kuat kolom harus dihitung untuk gaya aksial berfaktor yang konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau.

ωd = Faktor pembesar dinamis, diambil 1,3 kecuali untuk kolom lantai 1 dan lantai 6 yang memungkinkan terjadi sendi plastis pada kolom, = 1,0.

αk = Faktor distribusi momen kolom portal yang ditinjau sesuai dengan kekakuan relatif kolom atas dan kolom bawah.

$M_{kap, b, ki}$ = Momen kapasitas lentur balok disebelah kiri kolom

$M_{kap, b, ka}$ = Momen kapasitas lentur balok disebelah kanan kolom.

MD, k = Momen pada kolom akibat beban mati

ML, k = Momen pada kolom akibat beban hidup

ME, k = Momen pada kolom akibat beban gempa.

K = Faktor jenis struktur (= 1,0)

Sedangkan beban aksial rencana, Nu, k yang bekerja pada kolom dengan daktilitas penuh dihitung dari :

$$Nu, k = \frac{0,7 * R_n \sum M_{kap, b}}{L_b} + 1,05 * Ng, k$$



Tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari :

$$N_{u,k} = 1.05(N_{g,k} + \frac{4.0}{K} N_{E,k})$$

Dengan :

R_n = Faktor reduksi yang ditentukan sebesar :

$$= 1.0 \quad \text{untuk } 1 < n < 4$$

$$= 1.1 - 0.025 n \quad \text{untuk: } 4 < n < 20$$

$$= 0.6 \quad \text{untuk } n > 20$$

n = Jumlah lantai di atas kolom yang ditinjau

L_b = Bentang balok dari pusat ke pusat kolom

$N_{g,k}$ = Gaya aksial kolom akibat beban grafitasi

$N_{E,k}$ = Gaya aksial kolom akibat beban gempa.

Dalam segala hal, kuat lentur rencana kolom berdasarkan tulangan longitudinal yang terpasang harus dapat menampung kombinasi beban berfaktor oleh beban grafitasi dan beban gempa dalam 2 arah yang saling tegak lurus (100 % dalam satu arah, 30 % dalam arah tegak lurus pada arah tersebut), sesuai dengan "Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1983".

D. Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Geser

Kuat geser perlu kolom portal berdasarkan terjadinya momen kapasitas di sendi plastis pada ujung-ujung balok yang bertemu pada kolom itu harus dihitung sebagai berikut :

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,k,a} + M_{u,k,b}}{h'_k}$$

tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u,k} = 1,05(V_{D,k} + V_{L,k} + \frac{4,0}{K} V_{E,k})$$

dimana :

$Mu_{k,a}$ = Momen rencana kolom pada ujung atas kolom pada bidang muka kolom

$Mu_{k,b}$ = Momen rencana kolom pada ujung bawah kolom pada bidang muka kolom

$h'k$ = Tinggi bersih kolom yang ditinjau.

E. Perencanaan Panel Pertemuan Balok Kolom

Panel pertemuan balok kolom portal harus diproporsikan sedemikian rupa, sehingga memenuhi persyaratan kuat geser horisontal perlu (V_{jh}) dan kuat geser vertikal perlu (V_{uh}) yang berkaitan dengan terjadinya momen kapasitas pada sendi plastis kedua ujung balok yang bertemu pada kolom itu. Gaya-gaya yang membentuk keseimbangan pada join rangka adalah seperti yang membentuk keseimbangan pada join rangka seperti yang terlihat pada gambar 2.1, dimana gaya geser horisontal :

$$V_{jh} = C_{ki} + T_{ka} - V_{ko}$$

dimana :

$$C_{ki} = T_{ki} = 0,7 \frac{M_{kap, ki}}{Z_{ki}}$$

$$T_{ka} = C_{ka} = 0,7 \frac{M_{kap, ka}}{Z_{ka}}$$

$$V_{kol} = \frac{0,7(\frac{L_{ki}}{L_{ki}'} M_{kap, ki} + \frac{L_{ka}}{L_{ka}'} M_{kap, ka})}{0,5(H_{k, a} + H_{k, b})}$$

Tegangan geser horisontal nominal dalam join adalah :

$$v_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_j \cdot h_c}$$

dengan :

b_j = lebar efektif join (mm)

h_c = tinggi penampang kolom geser yang ditinjau

$$v_{jh} \leq 1,5 \cdot \sqrt{f_c'} \quad (\text{MPa})$$

Sedang gaya geser horisontal V_{jh} ditahan oleh 2 (dua) mekanisme kuat geser inti join :

- Strat beton diagonal yang melewati daerah-daerah tekan ujung join yang memikul gaya geser V_{ch} .
- Mekanisme panel rangka yang terdiri dari sengkang horisontal dan strat beton diagonal daerah tarik join yang memikul gaya geser V_{sh} .

Besar V_{ch} harus diambil sama dengan nol, kecuali :

- Tegangan tekan rata-rata minimal pada penampang bruto kolom beton di atas join termasuk tegangan prategang, apabila ada melebihi nilai $0,1 f_c'$ maka :

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_g} \right)} - 0,10 \cdot f_c' \cdot b_j \cdot h_c$$

- Seluruh balok join dirancang sehingga penampang kritis dari sendi plastis terletak pada jarak yang lebih kecil dari tinggi penampang balok diukur dari muka kolom, maka :

$$V_{ch} = 0,5 \frac{A_s'}{A_s} V_{sh} \left(1 - \frac{N_{u,k}}{0,4 \cdot A_g \cdot f_c'} \right)$$

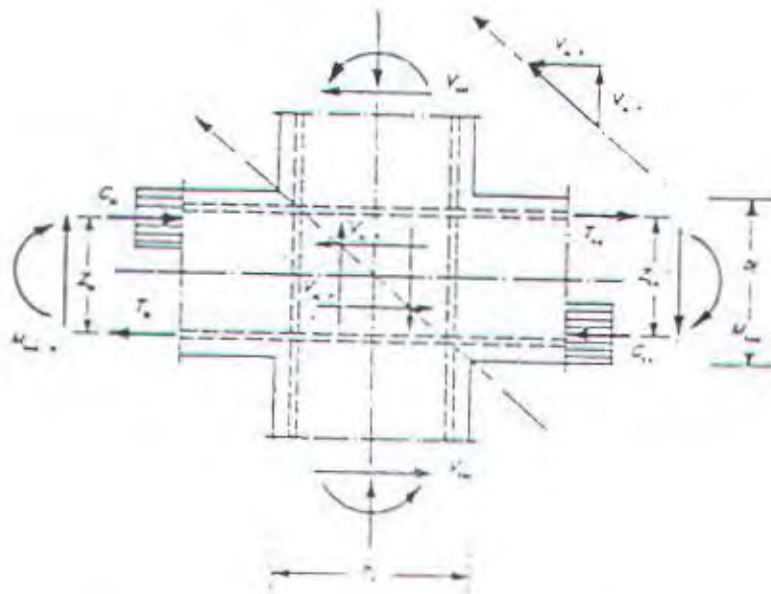
dimana :

$$\frac{A_{s'}}{A_s} < 1$$

sedangkan :

$V_{sh} = V_{jh} - V_{ch}$, dan luas tulangan geser horizontal efektif (A_{jh})

$A_{jh} = \frac{V_{jh}}{f_y}$, yang harus didistribusikan secara merata diantara tulangan balok longitudinal atas dan bawah.



Gambar 2.1 Panel pertemuan balok kolom portal dalam kondisi terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok.

Geser join vertikal V_{jv} dapat dihitung dari :

$$V_{jv} = V_{jh} \frac{h_c}{b_j}$$

Sedangkan tulangan join geser vertikal didapat dari :

$$V_{sv} = V_{jh} - V_{cv}$$

dengan :

$$V_{cv} = \frac{A_{sc}'}{A_{sc}} V_{jh} \left(0,6 + \frac{N_{u,k}}{A_g + f_c'} \right)$$

dimana :

A_{sc}' = Luas tulangan longitudinal tekan

A_{sc} = Luas tulangan longitudinal tarik, dan luas tulangan join vertikal

Sehingga tulangan geser join :

$$A_{jv} = \frac{V_{sv}}{f_y}$$

Tulangan geser join vertikal ini harus terdiri dari tulangan kolom antara yang terletak pada bidang lentur antara ujung tulangan sisi luar, atau terdiri dari sengkang pengikat vertikal atau tulangan khusus yang diletakkan dalam kolom dan dijangkarkan secukupnya untuk meneruskan gaya tarik disyaratkan kedalam join.

2.7.3. Persyaratan Perencanaan Seismik Untuk Komponen struktur Dengan Daktilitas Penuh.

A. *Komponen struktur rangka yang menahan beban lentur (balok)*

- 1) Gaya tekan aksial terfaktor yang bekerja pada komponen struktur tersebut tidak melebihi ($A_g \cdot f_c' / 10$).
- 2) Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya kecuali untuk balok perangkai dinding geser.
- 3) Rasio lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3.

- 4) Lebar tidak boleh : (a) kurang dari 250 mm, dan (b) lebih dari lebar komponen penumpu (diukur dari bidang tegak lurus terhadap sumbu longitudinal komponen lentur) ditambah jarak yang tidak melebihi tiga perempat tinggi komponen lentur pada tiap sisi komponen penumpu.
- 5) Eksentrisitas antara titik berat balok dan titik berat kolom tidak melampaui seperempat tinggi komponen lentur pada tiap sisi komponen penumpu.
- 6) Pada sebarang penampang suatu komponen struktur lentur, jumlah tulangan atas maupun bawahnya tidak boleh kurang dari $(1,4 \cdot b_w \cdot d \cdot f_y)$ dan rasio tulangan tidak boleh melampaui $(7 \cdot b_w \cdot d \cdot f_y)$. Paling tidak harus disediakan dua batang tulangan menerus pada kedua tulangan atas dan bawah.
- 7) Kuat momen positif pada sisi muka join tidak boleh kurang dari $\frac{1}{2}$ kuat momen negatif yang disediakan pada sisi muka join tersebut. Pada sebarang penampang komponen struktur tersebut, kuat momen positif maupun kuat momen negatifnya tidak boleh kurang dari seperempat kuat momen maksimum yang terdapat pada kedua ujung join.
- 8) Sambungan lewatan tulangan lentur hanya diperbolehkan bila sepanjang daerah sambungan lewatan tadi dipasang tulangan sengkang yang memakai tulangan spiral. Jarak maksimum tulangan transversal yang melilit batang tulangan yang disambung lewat tidak boleh melebihi $d/4$ atau 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan :
 - (a) dalam daerah join,
 - (b) dalam jarak dua kali tinggi komponen struktur muka join dan
 - (c) pada lokasi dimana analisis menunjukkan terjadinya leleh lentur akibat perpindahan lateral inelastis rangka.
- 9) Sambungan las dan sambungan mekanikal yang memenuhi ketentuan SKSNI T-15-1991-03 (8) boleh digunakan untuk penyambungan tulangan asal pelaksanaan penyambungan pada suatu penampang pada tiap lapis tulangan tidak lebih dari pelaksanaan berselang, dan jarak sumbu dari sambungan batang

yang berdekatan tidak kurang dari 600 mm, diukur sepanjang sumbu longitudinal dan komponen struktur rangka.

10) Sengkang tertutup harus dipasang dalam daerah berikut dari komponen struktur rangka :

- (a) Sepanjang dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka komponen struktur pendukung ke arah tengah bentang, pada kedua ujung komponen
- (b) Sepanjang dua kali tinggi komponen struktur pada kedua sisi suatu penampang yang mungkin terjadi leleh lentur sehubungan dengan perpindahan lateral inelastis rangka.

11) Sengkang tertutup yang pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm diukur dari sisi muka suatu komponen struktur pendukung. Spasi maksimum dari sengkang tersebut tidak boleh melebihi (a) $d/4$, (b) delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil, (c) 24 kali diameter batang sengkang, (d) 200 mm, dan (e) $1600 f_y A_s l / [A_{s,a} - A_{s,b}]$ dengan :

$A_{s,l}$ = Luas satu kaki dari tulangan transversal, mm^2

$A_{s,a}$ = Luas tulangan longitudinal atas, mm^2

$A_{s,b}$ = Luas tulangan longitudinal bawah, mm^2

F_y = Kuat leleh tulangan longitudinal, Mpa.

12) Di daerah yang memerlukan sengkang tertutup, batang tulangan longitudinal pada perimeter harus mempunyai penahan lateral yang memenuhi ketentuan yang berlaku.

13) Di daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ pada seluruh panjang komponen struktur tersebut. Sengkang tertutup pada komponen struktur lentur boleh dibentuk dari dua potong tulangan yaitu sebuah sengkang terbuka (U) yang mempunyai kait 135° dengan perpanjangan sebesar 6 kali diameter (tetapi tidak kurang dari 75

mun) yang dijangkar di dalam inti yang terkekang dan satu kait silang penutup hingga keduanya membentuk satu gabungan sengkang yang tertutup. Kait saling menutup yang berurutan yang mengait pada satu tulangan longitudinal yang sama harus dipasang sedemikian hingga kait 90° terpasang berselang pada sisi yang berlawanan dari komponen struktur lentur. Bila batang tulangan longitudinal yang terkait oleh sengkang kait penutup hanya dibatasi oleh pelat pada satu sisi komponen struktur rangka lentur, maka kait 90° kait silang penutup tersebut harus dipasang di sisi itu.

B. Komponen struktur yang menahan lentur dan aksial (Kolom)

- 1) Dimensi penampang terpendek, diukur pada satu garis lurus yang melalui titik berat penampang, tidak boleh kurang dari 300 mm.
- 2) Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi yang tegak lurus padanya tidak boleh kurang dari 0,4.
- 3) Rasio tinggi antar kolom terhadap dimensi penampang kolom yang terpendek tidak boleh lebih besar dari 25. Untuk kolom yang mengalami momen yang dapat berbalik tanda, rasionya tidak boleh lebih besar dari 16. Untuk kolom kantilever rasionya tidak boleh lebih dari 10.
- 4) Rasio tulangan ρ , tidak boleh kurang dari 0,01 dan tidak boleh lebih dari 0,06, dan pada daerah sambungan tidak boleh lebih dari 0,08.
- 5) Sambungan lewatan hanya digunakan di luar daerah sendi plastis potensial dan harus diproporsikan sebagai sambungan tarik. Sambungan las dan sambungan mekanikal yang memenuhi SKSNI T-15-1991-03 [8] boleh digunakan untuk menyambung tulangan pada sebarang tempat, asal pengaturan penyambungan batang tulangan longitudinal pada satu penampang tidak lebih dari pengaturan berselang dan jarak antara sambungan adalah 600 mm.
- 6) Pada seluruh tinggi kolom harus dipasang tulangan transversal untuk memikul beban geser.

- 7) Tulangan transversal boleh terdiri dari sengkang tertutup tunggal atau majemuk atau menggunakan kait silang penutup dengan diameter dan spasi yang sama diameter dan spasi yang ditetapkan untuk sengkang tertutup. Setiap ujung kait silang penutup yang berurutan harus diatur sehingga kait ujungnya terpasang berselang sepanjang tulangan longitudinal yang ada. Tulangan transversal harus dipasang dengan spasi tidak melebihi :
 - (a) Seperempat dimensi komponen struktur terkecil,
 - (b) Lebih kecil atau sama dengan delapan kali diameter tulangan memanjang
 - (c) Lebih kecil atau sama dengan 100 mm.
- 8) Kait silang atau kaki sengkang tertutup majemuk tidak boleh dipasang dengan spasi lebih dari 350 mm dari pusat ke pusat dalam arah tegak lurus terhadap sumbu longitudinal dari komponen struktur.
- 9) Pada setiap muka join pada kedua sisi dari setiap penampang yang mungkin mengalami leleh lentur akibat terjadinya perpindahan lateral inelastis dari rangka harus dipasang tulangan transversal dengan jumlah seperti yang ditentukan pada butir 6, 7 dan 8 sepanjang l_o dari muka yang ditinjau. Panjang l_o tadi tidak boleh kurang dari :
 - (a) Tinggi komponen dimensi struktur untuk $Nu_k < 0.30 \cdot A_g \cdot f_c'$
 - (b) Satu setengah kali tinggi komponen dimensi struktur untuk $Nu_k > 0.30 \cdot A_g \cdot f_c'$
 - (c) Seperenam bentang bersih komponen struktur
 - (d) 450 mm.
- 10) Bila gaya tekan aksial terfaktor yang berhubungan dengan pengaruh gempa yang bekerja pada komponen struktur lainnya melampaui $(0.10 \cdot A_g \cdot f_c')$, maka pada seluruh tinggi kolom yang berada di bawah ketinggian dimana terjadi pengakhiran komponen struktur kaku dan yang memikul reaksi dari komponen

struktur kaku yang terputus tadi, misalnya dinding harus diberi tulangan transversal seperti yang ditentukan dalam butir 6, 7 dan 8. Tulangan transversal tersebut harus meneruskan ke dalam komponen struktur yang terputus paling tidak sejauh panjang penyaluran batang tulangan longitudinal yang terbesar di dalam kolom. Bila kolomnya berakhir pada suatu pondasi telapak atau pondasi rakit, maka tulangan transversal yang memenuhi butir 6, 7 dan 8 harus meneruskan paling kurang 300 mm ke dalam pondasi tersebut.

TUGAS AKHIR

BAB III

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

BAB III

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

3.1. PERENCANAAN PELAT

Pelat dibedakan menjadi 2 (dua) macam yaitu plat satu arah dan plat dua arah. Pelat satu arah adalah pelat yang penulangannya hanya kesatu arah saja yaitu arah bentang terpendek. Hal ini disebabkan beban mati dan beban hidup yang bekerja pada pelat lantai dianggap dipikul sepenuhnya oleh balok diarah pendek. Lazimnya ini terjadi pada penulangan pelat yang mempunyai panjang yang besarnya dua kali lebarnya atau lebih.

Sedangkan pelat dua arah adalah pelat dengan penulangan pada kedua sumbu bentangnya dan ini biasanya terjadi pada pelat yang besarnya kurang dari dua kali lebarnya. Adapun ketentuan tentang penetapan jenis pelat tersebut adalah pelat direncanakan sebagai salah satu arah apabila rasio bentang panjang dan bentang pendek lebih dari dua. Serta pelat direncanakan sebagai pelat dua arah apabila rasio bentang panjang dan bentang pendek lebih kecil atau sama dengan dua.

Pelat direncanakan menerima beban mati (DL) yang merupakan berat sendiri pelat dan beban hidup (LL) seperti yang diatur dalam Peraturan Pembebanan Indonesia Gedung 1983 (PPI ' 83) berdasarkan fungsi tiap lantai pada gedung.

Adapun pembebanan yang dipakai sesuai dengan SKSNI ' 91 adalah sebagai berikut :

$$U = 1,2 DL + 1,6 LL \quad (\text{SKSNI '91 pasal 3.2.2.1})$$

3.1.1. Data Perencanaan

Mutu beton (f_c') = 30 Mpa

Mutu baja (f_y') = 240 Mpa

3.1.2. Peraturan yang digunakan

Peraturan - peraturan yang digunakan dalam perencanaan pelat adalah :

a. Pedoman SKSNI ' 91

1. Pasal 3.2.5. : Mengenai lendutan dan tebal minimum
2. Pasal 3.3.5.3 : Mengenai jarak tulangan susut
3. Pasal 3.16.6.5 : Mengenai jarak tulangan lentur maksimum
4. Pasal 3.6.4.3 : Mengenai kebutuhan minimum tulangan susut
5. Pasal 3.16.7 : Mengenai tebal selimut dan diameter tulangan
6. Pasal 13.4.2 : Mengenai tebal pelat kritis

b. Peraturan Pembebanan Indonesia (PPI) untuk gedung ' 83 Bab I sampai Bab II

3.1.3 Preliminary Design

A. *Preliminary design dimensi balok pengapit pelat .*

Dimensi balok rencana dapat diambil sekitar :

1. Tinggi balok (h) = (1/10 - 1/14) Lu
2. Lebar balok (b) = (0.40 - 0.67) h

Perencanaan dimensi balok pada pelat lantai 1 s/d 5

1. Balok induk bentang 7 m dengan dimensi

$$h = 1/14 \times 7.00 = 50 \text{ cm, dipakai } 50 \text{ cm}$$

$$b = 0.6 \times 50 = 30 \text{ cm, dipakai } 30 \text{ cm}$$

2. Balok induk bentang 3,60 m dengan dimensi

$$h = 1/12 \times 360 = 30 \text{ cm dipakai } 40 \text{ cm}$$

$$b = 0.6 \times 40 = 24 \text{ cm dipakai } 25 \text{ cm}$$

Perencanaan dimensi balok pada pelat lantai 6 (atap) :

1. Balok induk bentang 7 m dengan dimensi

$$h = 1/14 \times 7.00 = 50 \text{ cm, dipakai } 50 \text{ cm}$$

$$b = 0.6 \times 50 = 30 \text{ cm, dipakai } 30 \text{ cm}$$

2. Balok induk bentang 3,60 m dengan dimensi

$$h = 1/12 \times 360 = 30 \text{ cm dipakai } 40 \text{ cm}$$

$$b = 0.6 \times 40 = 24 \text{ cm dipakai } 25 \text{ cm}$$

B. Preliminary desain tebal pelat

Tebal pelat dapat direncanakan sedemikian rupa sehingga tidak diperlukan kontrol lendutan dengan mengikuti ketentuan SKSNI T-15-1991 :

$$h_1 = \frac{Ln \left(0,8 + \frac{fy}{1500} \right)}{36 + 5 \alpha \left(\alpha m - 0,12 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right)}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$h_2 = \frac{Ln \left(0,8 + \frac{fy}{1500} \right)}{36 + 9 \beta}$$

Dan tidak lebih dari :

$$h_3 = \frac{Ln \left(0,8 + \frac{fy}{1500} \right)}{36}$$

Dimana :

αm = Perbandingan rata - rata kekakuan balok terhadap kekakuan pelat.

β = Perbandingan bentang panjang terhadap bentang pendek pelat

$$= \frac{Ln}{Sn}$$

$$\alpha = \frac{EcbxIb}{EcsxIs}$$

$$Ecb = Ecs = 4700 \sqrt{fc'}$$

αm = Rata-rata dari nilai α yang mengapit panel plat

$$Is = \frac{b \times h^3}{12}$$

$$Ib = K \frac{bw \times h^3}{12}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right) \left(4 - 6 \left(\frac{t}{h} \right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right)^3 \right)}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left(\frac{t}{h} \right)}$$

b_e = Lebar efektif yang merupakan harga minimum dari :

- Balok eksterior :
 $b_e = b_w + (h - t)$
 $b_e = b_w + 4 \cdot t$
- Balok interior :
 $b_e = b_w + 2 \cdot (h - t)$
 $b_e = b_w + 2 \cdot 4 \cdot t$

Diluar ketentuan diatas SKSNI ' 91 mensyaratkan bahwa dalam segala hal tebal minimum pelat tidak kurang dari harga sebagai berikut :

- $\alpha_m \geq 2$ pelat tidak boleh kurang dari 90 mm (> 90 mm)
- $\alpha_m \leq 2$ pelat tidak boleh kurang dari 90 mm (> 120 mm)

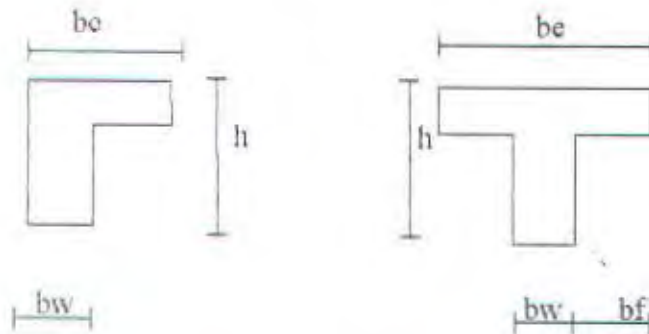
Tebal pelat yang lebih kecil dari batasan minimum diatas boleh digunakan asalkan bisa ditunjukkan dengan perhitungan semua lendutan yang terjadi tidak melebihi dari lendutan yang ditentukan pada SKSNT91 tabel 3.2.5 (b).

C. Perhitungan Pelat.

Perhitungan pada bagian ini bertujuan untuk mencari ketebalan pelat yang dibutuhkan sesuai dengan kondisi fisik dari pelat tersebut.

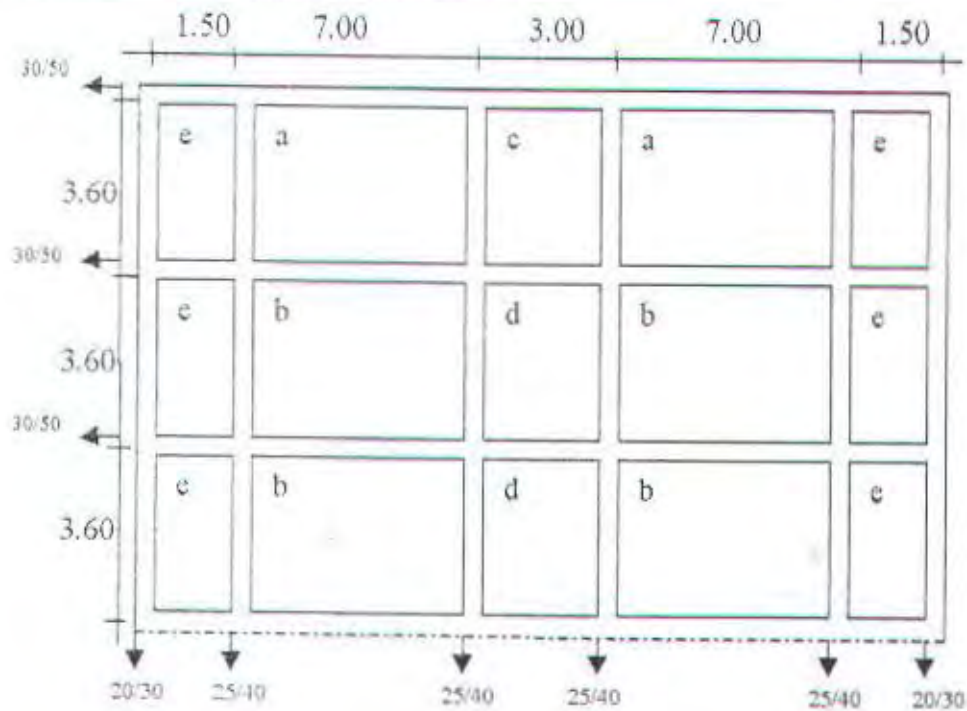
Dari data-data perencanaan serta perumusan seperti yang diatas maka prosedur perhitungan pada bagian ini adalah sebagai berikut :

*) Desain pendahuluan tebal pelat



Gambar 3.1 : Penampang balok dalam perencanaan pelat

Untuk lebih jelasnya, maka diambil contoh pada pelat type a pada potongan gambar denah pelat sebagai berikut :



Gambar 3.2. Type Pelat Untuk Perencanaan Pelat

Dari gambar tersebut dapat diketahui :

$$\begin{aligned} L_n &= \text{Panjang bentang bersih arah memanjang} \\ &= 700 - (25/2 + 25/2) = 675 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_n &= \text{Panjang bentang bersih arah memendek} \\ &= 360 - (35/2 + 35/2) = 325 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dengan direncanakan tebal pelat = 12 cm, maka untuk masing-masing type pelat diperoleh nilai-nilai sebagai berikut :

1. Pelat Lantai Type a.

$$L_n = 700 - (25/2 + 25/2) = 675 \text{ cm}$$

$$S_n = 360 - (35/2 + 35/2) = 325 \text{ cm}$$

$\beta = L_n/S_n = 680 / 325 = 2,07 > 2$ pelat type A direncanakan pelat dua arah mengingat beban yang cukup besar karena luasannya.

Dengan balok - balok pengapit sebagai berikut :

- Balok Eksterior (Melintang) 35/60

$$be1 = bw + 2*(h - t) = 35 + 2*(60 - 12) = 131 \text{ cm}$$

$$be2 = bw + 2*(4*t) = 35 + 2*(4*12) = 131 \text{ cm}$$

Diambil $be = 131 \text{ cm}$

$$be/bw = 131/35 = 3,74 \text{ dan } t/h = 12/60 = 0,20$$

$$K = \frac{1 + (3,74 - 1) \times (0,2) \times [4 - 6(0,2) + 4(0,2)^2 + (3,74 - 1)(0,2)^3]}{1 + (3,74 - 1)(0,2)}$$

$$= 1,614$$

$$I_b = (1,614 * 35 * 60^3) / 12 = 1016950,03 \text{ cm}^4$$

$$I_s = (700 * 12^3) / 12 = 100800 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = I_b/I_s = 1016950,03 / 100800 = 10,09$$

- Balok Interior (Memanjang) 25/40

$$be1 = bw + 2*(h - t) = 25 + 2*(40 - 12) = 81 \text{ cm}$$

$$be2 = bw + 2*(4*t) = 25 + 2*(4*12) = 121 \text{ cm}$$

Diambil $be = 81 \text{ cm}$

$$Be/bw = 81/25 = 3,24 \text{ dan } t/h = 12/40 = 0,30$$

$$K = \frac{1 + (3,24 - 1)(0,3)(4 - 6(0,3) + 4(0,3)^2) + (3,24 - 1)(0,3)^3}{1 + (3,24 - 1)(0,3)}$$

$$= 1,651$$

$$I_b = K \cdot b w \cdot h^3 / 12 = 1,651 \cdot 25 \cdot 40^3 / 12 = 220172,5 \text{ cm}^4$$

$$I_s = (360 \cdot 12^3) / 12 = 51840 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = I_b / I_s = 220172,5 / 51840 = 4,247$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{700 - 25}{360 - 35} = 2,077$$

Rasio kekakuan lentur (α_m)

$$\alpha_m = 1/4 (10,09 + 4,247 + 10,09 + 4,247)$$

$$= 7,17$$

Syarat ketebalan pelat minimum yang disyaratkan SKSNI '91 pasal 3.2.5.3

- Tidak boleh kurang :

$$h_1 = \frac{675 \left(0,8 + \frac{240}{1500} \right)}{36 + 5(2,077) \left(7,17 - 0,12 \left(1 + \frac{1}{2,077} \right) \right)}$$

$$= 5,97 \text{ cm}$$

- Tapi tidak boleh kurang dari :

$$h_2 = \frac{675 \left(0,8 + \frac{240}{1500} \right)}{36 + 9(2,077)}$$

$$= 11,85 \text{ cm}$$

- Dan tidak boleh lebih dari :

$$h_3 = \frac{675 \left(0,8 + \frac{240}{1500} \right)}{36}$$

$$= 18,0 \text{ cm}$$

Serta dalam segala hal tebal minimum pelat untuk $\alpha m \geq 2$ adalah tebal minimum pelat 90 mm.

- Karena tebal plat direncanakan $t = 12$ cm

$t = 12$ cm $>$ $h_{min} = 8.59$ cm atau 9.0 cm maka tebal plat rencana $t = 12$ cm dapat dipakai dan untuk keseragaman setiap lantai, maka pelat lantai ruang perkantoran ini menggunakan ketebalan pelat sebesar 12 cm.

3.1.4 Pembebanan Pelat

Pembebanan pelat dilakukan berdasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983. Adapun beban-beban yang bekerja sesuai dengan fungsi gedung untuk setiap lantainya, adalah sebagai berikut :

1. Pembebanan pelat atap

Beban mati

- beban sendiri pelat $= 0.12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$
- berat finishing ($t = 2$ cm) $= 33 \text{ kg/m}^2$
- berat penggantung plafon ($11 + 7$) $= 18 \text{ kg/m}^2$
- berat ducting AC + pipa + kabel $= 30 \text{ kg/m}^2$

$$DL = 378 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup

- beban hidup atap $= 100 \text{ kg/m}^2$
- beban air hujan ($\alpha = 0^\circ$) $= 20 \text{ kg/m}^2$

$$LL = 120 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } Q_u &= 1,2 * DL + 1,6 * LL \\ &= 1,2 * 378 + 1,6 * 120 \\ &= 645 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

2. Pembebanan pelat lantai

Beban mati

- beban sendiri plat $= 0.12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$
- berat tegel dan spesi $= (2 \times 24 + 3 \times 21) = 111 \text{ kg/m}^2$
- berat penggantung + plafon $= 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
- berat ducting AC + pipa + kabel $= 30 \text{ kg/m}^2$

$$DL = 447 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup

- beban hidup $= 250 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } Q_u &= 1,2 DL + 1,6 LL \\ &= 1,2 * 447 + 1,6 * 250 \\ &= 936,4 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

3.1.5. Pemodelan Dan Analisa Momen Pelat

Pada tugas akhir ini pelat dianggap terjepit elastis pada sisi-sisinya, hal ini dikarenakan pada tepi-tepi pelat akan terjadi perputaran sudut rotasi dan momen. Adapun apabila pelat tersebut kita rencanakan terjepit penuh pada sisi-sisinya, maka dianggap momen-momen yang terjadi sebagian besar akan diterima oleh tumpuannya sehingga momen lapangan akan menjadi lebih kecil. Namun pada keadaan sesungguhnya tepi pelat tersebut dapat berputar.

Lain halnya apabila pelat tersebut kita rencanakan terjepit elastis pada sisi-sisinya. Momen yang terjadi pada lapangan akan mendekati momen tumpuannya (khusus pelat yang ditumpu pada keempat sisinya).

3.1.6. Perhitungan Penulangan Pelat

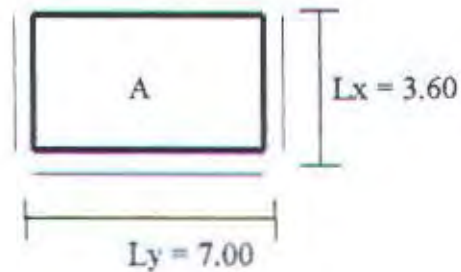


1. Perhitungan Gaya Dalam Pelat.

Berdasarkan PBI ' 71 tabel 13.3.2, untuk pelat dengan perletakan jepit elastis gaya dalam pelat lantai dapat dihitung sebagai berikut :

A. Gaya Dalam Pelat Lantai.

1. Pelat lantai type A



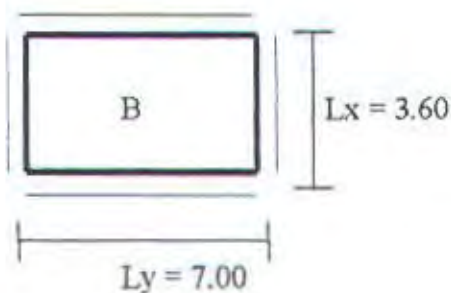
$$L_y/L_x = 7.00 / 3.60 = 1.944 \quad \rightarrow \quad C_x = 83.8$$

$$C_y = 50$$

$$\begin{aligned} M_{lx} &= -M_{tx} = 0,001 * Q_u * L_x^2 * C_x \\ &= 0,001 \times 936,4 \times 3,6^2 \times 83,3 \\ &= 1016,98 \text{ kg m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= -M_{ty} = 0,001 Q_u L_x^2 C_x \\ &= 0,001 \times 936,4 \times 3,6^2 \times 50 \\ &= 606.79 \text{ kg m} \end{aligned}$$

2. Pelat lantai type B



$$L_y/L_x = 7.00 / 3.60 = 1.944 \quad \rightarrow \quad C_x = 61,4$$

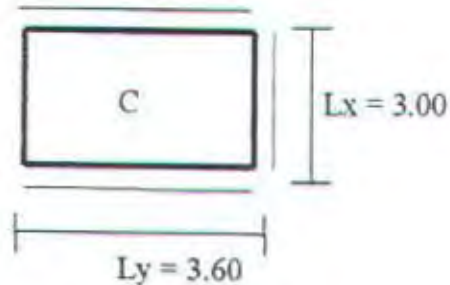
$$C_y = 35$$

$$\begin{aligned} M_{lx} &= -M_{tx} = 0,001 * Q_u * L_x^2 * C_x \\ &= 0,001 \times 936,4 \times 3,6^2 \times 61,4 \\ &= 745,13 \text{ kg m} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 M_{ly} = - M_{ty} &= 0,001 Q_u L_x^2 C_x \\
 &= 0,001 \times 936,4 \times 3,6^2 \times 35 \\
 &= 424,75 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

3. Pelat lantai type C

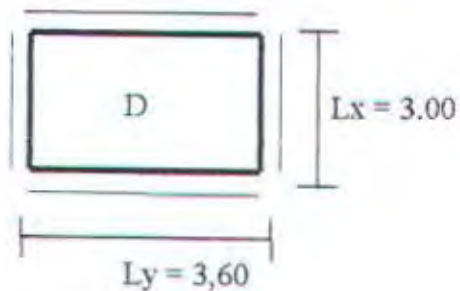


$$\begin{aligned}
 L_y/L_x &= 3.60 / 3.00 = 1.2 & \rightarrow C_x &= 51 \\
 & & C_y &= 38
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{lx} = - M_{tx} &= 0,001 * Q_u * L_x^2 * C_x \\
 &= 0,001 \times 936,4 \times 3,0^2 \times 51 \\
 &= 429,81 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ly} = - M_{ty} &= 0,001 Q_u L_x^2 C_x \\
 &= 0,001 \times 936,4 \times 3,0^2 \times 38 \\
 &= 320,25 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

4. Pelat lantai type D

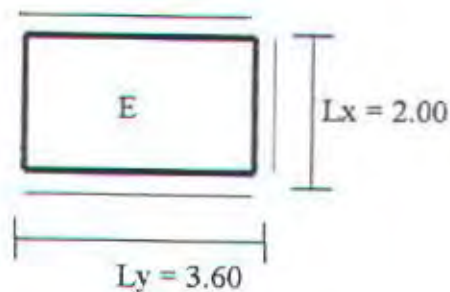


$$\begin{aligned}
 L_y/L_x &= 3.60 / 3.00 = 1.2 & \rightarrow C_x &= 46 \\
 & & C_y &= 38
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{lx} = - M_{tx} &= 0,001 * Q_u * L_x^2 * C_x \\
 &= 0,001 \times 936,4 \times 3,0^2 \times 46 \\
 &= 387,67 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ly} = - M_{ty} &= 0,001 Q_u L_x^2 C_x \\
 &= 0,001 \times 936,4 \times 3,0^2 \times 38 \\
 &= 320,25 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

5. Pelat lantai type E

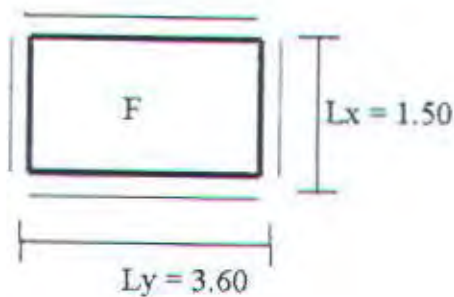


$$\begin{aligned}
 L_y/L_x &= 3.60 / 2.00 = 1,80 & \rightarrow C_x = 62 \\
 & & C_y = 35
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{lx} = - M_{tx} &= 0,001 * Q_u * L_x^2 * C_x \\
 &= 0,001 \times 936,4 \times 2,0^2 \times 62 \\
 &= 232,23 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ly} = - M_{ty} &= 0,001 Q_u L_x^2 C_x \\
 &= 0,001 \times 936,4 \times 2,0^2 \times 35 \\
 &= 131,10 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

6. Pelat lantai type F



$$L_y/L_x = 3.60 / 1.50 = 2.40 \quad \rightarrow \quad C_x = 89$$

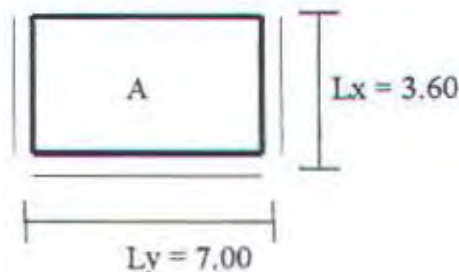
$$C_y = 48$$

$$\begin{aligned} M_{lx} = - M_{tx} &= 0,001 * Q_u * L_x^2 * C_x \\ &= 0,001 \times 936,4 \times 1,5^2 \times 89 \\ &= 187,51 \text{ kg m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} = - M_{ty} &= 0,001 Q_u L_x^2 C_x \\ &= 0,001 \times 936,4 \times 1,5^2 \times 48 \\ &= 101,13 \text{ kg m} \end{aligned}$$

B. Gaya Dalam Pelat Atap.

1. Pelat lantai type A



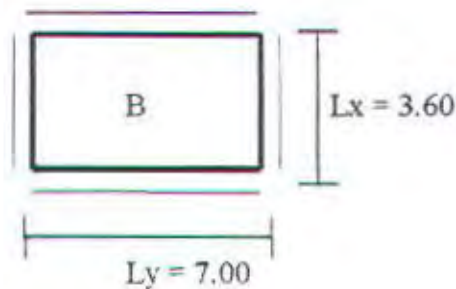
$$L_y/L_x = 7.00 / 3.60 = 1.944 \quad \rightarrow \quad C_x = 83.8$$

$$C_y = 50$$

$$\begin{aligned} M_{lx} = - M_{tx} &= 0,001 * Q_u * L_x^2 * C_x \\ &= 0,001 \times 645,6 \times 3,6^2 \times 83,3 \\ &= 701,15 \text{ kg m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} = - M_{ty} &= 0,001 Q_u L_x^2 C_x \\ &= 0,001 \times 645,6 \times 3,6^2 \times 50 \\ &= 418.35 \text{ kg m} \end{aligned}$$

2. Pelat lantai type B



$$L_y/L_x = 7.00 / 3.60 = 1.944 \quad \rightarrow \quad C_x = 61,4$$

$$C_y = 35$$

$$M_{lx} = - M_{tx} = 0,001 * Q_u * L_x^2 * C_x$$

$$= 0,001 \times 645,6 \times 3,6^2 \times 61,4$$

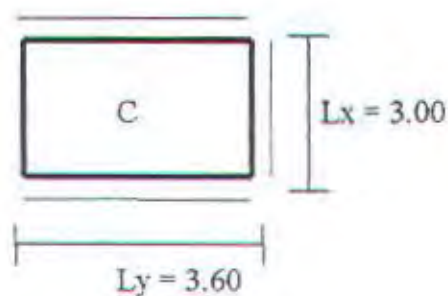
$$= 513,73 \text{ kg m}$$

$$M_{ly} = - M_{ty} = 0,001 Q_u L_x^2 C_x$$

$$= 0,001 \times 645,6 \times 3,6^2 \times 35$$

$$= 292,84 \text{ kg m}$$

3. Pelat lantai type C



$$L_y/L_x = 3,60 / 3,00 = 1.2 \quad \rightarrow \quad C_x = 51$$

$$C_y = 38$$

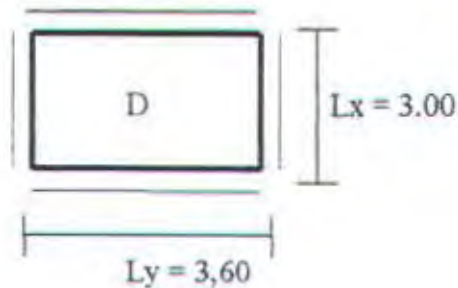
$$M_{lx} = - M_{tx} = 0,001 * Q_u * L_x^2 * C_x$$

$$= 0,001 \times 645,6 \times 3,0^2 \times 51$$

$$= 296,33 \text{ kg m}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ly} = - M_{ty} &= 0,001 Q_u L_x^2 C_x \\
 &= 0,001 \times 645,6 \times 3,0^2 \times 38 \\
 &= 220,80 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

4. Pelat lantai type D

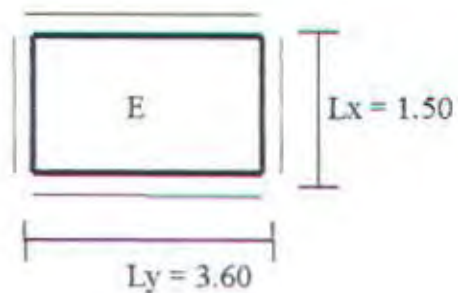


$$\begin{aligned}
 L_y/L_x &= 3.60 / 3.00 = 1.2 & \rightarrow C_x &= 46 \\
 & & C_y &= 38
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{lx} = - M_{tx} &= 0,001 * Q_u * L_x^2 * C_x \\
 &= 0,001 \times 645,6 \times 3,0^2 \times 46 \\
 &= 267,28 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ly} = - M_{ty} &= 0,001 Q_u L_x^2 C_x \\
 &= 0,001 \times 645,6 \times 3,0^2 \times 38 \\
 &= 220,80 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

5. Pelat lantai type E



$$\begin{aligned}
 L_y/L_x &= 3.60 / 1.50 = 2.40 & \rightarrow C_x &= 89 \\
 & & C_y &= 48
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= - M_{tx} = 0,001 \cdot Q_u \cdot L_x^2 \cdot C_x \\
 &= 0,001 \times 645,6 \times 1,5^2 \times 89 \\
 &= 129,28 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ly} &= - M_{ty} = 0,001 \cdot Q_u \cdot L_x^2 \cdot C_x \\
 &= 0,001 \times 645,6 \times 1,5^2 \times 48 \\
 &= 69,73 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Penulangan Pelat.

Perhitungan penulangan pelat dipakai Metode Kekuatan Batas dengan langkah-langkah sebagai berikut :

Berdasarkan SKSNI '91 pasal 3.3.2.7.3 untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa} \leq 30 \text{ Mpa}$ maka $\beta_1 = 0,85$

Dengan mengambil contoh pada pelat lantai type A (pelat dua arah) adalah :

- Rasio penulangan berimbang (ρ_b)

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{240} \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\
 &= 0,0645
 \end{aligned}$$

- Rasio penulangan maximum (ρ_{max})

$$\begin{aligned}
 \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b && (\text{SKSNI '91 pasal 3.3.3.3}) \\
 &= 0,75 \times 0,0645 \\
 &= 0,0484
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= 1,4 / f_y && (\text{SKSNI '91 pasal 3.3.5.1}) \\
 &= 1,4 / 240 \\
 &= 0,00583
 \end{aligned}$$

Penulangan arah x :

- Direncanakan :
- tebal plat h = 12 cm
 - decking δ = 20 mm
 - diameter tulangan = D10
 - $dx = h - \delta - 1/2 \phi_x$
 $= 120 - 40 - 1/2 \cdot 10$
 $= 75 \text{ mm}$

$$M_x = -M_{tx} = 1016.98 \text{ kgm}$$



$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{1016.98 \times 10^4}{0.8 \times 1000 \times 95^2} = 1.409 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} = \frac{240}{0.85 \times 30} = 9.412$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{9.412} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9.412 \times 1.409}{240}} \right)$$

$$= 0.00604$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} = 0.00604 > \rho_{\text{min}} = 0.00583$

maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0.00604$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan yang digunakan (As perlu)} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.00604 \times 1000 \times 95 \\ &= 573.8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

syarat jarak tulangan maks (S_{maks}) $\leq 2t$

$$S_{maks} = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

\therefore dipakai tulangan utama arah X \rightarrow D10 - 130 ($A_s = 604,15 \text{ mm}^2$)

Rasio tulangan susut = 0,002 (SKSNI '91 psl. 3.16.12)

$$\begin{aligned} A_{susut} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,002 \times 1000 \times 95 \\ &= 190 \text{ mm} \end{aligned}$$

\therefore dipakai tulangan susut \rightarrow D8 - 200 ($A_s = 251 \text{ mm}^2$)

Penulangan arah Y :

- Direncanakan :
- tebal plat h = 12 cm
 - decking δ = 20 mm (SK.SNI '91 psl. 3.16.7)
 - diameter tulangan = D10
 - $d_y = h - \delta - \phi_x - 1/2 \phi_y$
 - $= 120 - 20 - 10 - 1/2 \cdot 10$
 - $= 85 \text{ mm}$

$$M_{ly} = -M_{ty} = 606,79 \text{ kgm}$$



$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{606,79 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 85^2} = 1,05 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{9,412} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,412 \times 1,05}{240}} \right) \\ &= 0,00447 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} = 0,00447 < \rho_{\text{min}} = 0,00583$

Maka dipakai $\rho_{\text{min}} = 0,00583$

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan yang digunakan (As perlu)} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00583 \times 1000 \times 85 \\ &= 495,55 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

syarat jarak tulangan maks (S_{maks}) $\leq 2t$

$$S_{\text{maks}} = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

\therefore Dipakai tulangan utama arah Y \rightarrow D10 - 150 ($A_s = 523,6 \text{ mm}^2$)

Rasio tulangan susut = 0,002 (SKSNI '91 psl.3.16.12)

$$\begin{aligned}A_{\text{susut}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,002 \times 1000 \times 85 \\ &= 170 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

\therefore Dipakai tulangan susut \rightarrow D8 - 200 ($A_s = 251 \text{ mm}^2$)

Untuk perhitungan pelat lantai type lainnya, perhitungannya sama dengan perhitungan pelat lantai type a diatas dan hasil perhitungan ditabelkan pada tabel (terlampir).

3.1.7. Pemeriksaan Pelat Terhadap Lendutan

Pemeriksaan untuk semua type plat atap dan pelat lantai tidak perlu dikontrol jika tebal yang direncanakan lebih besar atau sama dengan tebal minimum pelat yang ditentukan dalam SKSNI '91.

Untuk tebal pelat dua arah yang ditumpu balok pada keempat sisinya harus memenuhi syarat ketentuan dari ayat 3.2.5.3.

$$h_{\text{min}} = \frac{\text{Ln} \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta_1} = \frac{680 \left(0,8 + \frac{240}{1500} \right)}{36 + 9(2,092)} = 5,97 \text{ cm}$$

$$h_{\max} = \frac{Ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36} = \frac{680 \left(0,8 + \frac{240}{1500} \right)}{36} = 18,13 \text{ cm}$$

Jadi tebal pelat yang direncanakan (h) = 12 cm memenuhi dari persamaan diatas sehingga pemeriksaan lendutan pada pelat konstruksi dua arah tidak perlu diperiksa.

3.1.8. Kontrol Terhadap Retak

Sistem pelat dua arah yang menggunakan tulangan $f_y < 6000 \text{ psi}$ (413,7 MPa) tidak perlu dilakukan peninjauan terhadap retak yang terjadi. Mutu tulangan yang dipakai di dalam perencanaan pelat ini adalah tulangan dengan mutu $f_y = 240 \text{ MPa}$, sehingga retak tidak perlu diperiksa. (*Rinforced Concrete Design oleh Chu Kia Wang dan Charles G. Salmon*).

3.2. ANALISA DAN PERENCANAAN TANGGA

3.2.1. Preliminary Desain.

Perencanaan tangga yang dimaksud adalah tangga yang menghubungkan antara lantai satu dengan lantai lainnya. Ketentuan perencanaan injakan tangga adalah ;

Menurut *Imam Subarkah*, perencanaan injakan tangga adalah sebagai berikut :

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 62 \text{ cm}$$

$$30^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$$

Dimana :

t = tinggi tanjakan

α = sudut kemiringan tangga

i = lebar injakan

Direncanakan :

$$t = 17 \text{ cm}$$

$$\Delta h = 550 \text{ cm (untuk lantai dasar)}$$

$$= 400 \text{ cm (untuk lantai 1 s/d lantai 5)}$$

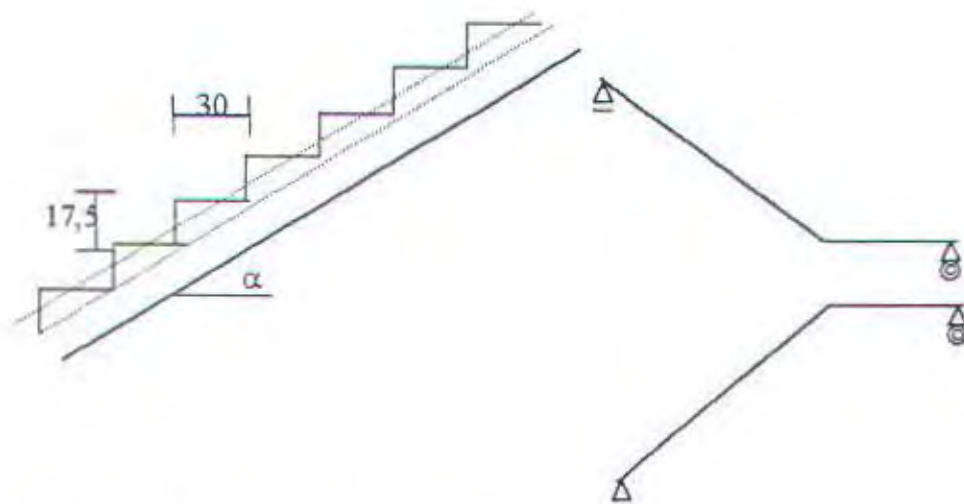
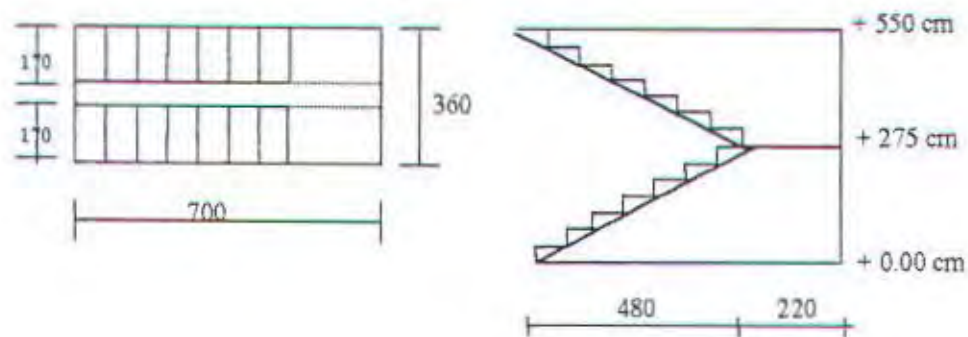
$$2t + i = 62 \rightarrow i = 62 - (2 \times 17) = 28 \text{ cm (dipakai 30 cm)}$$

A. Tangga Lantai Dasar.

- Beda tinggi lantai ke bordes = $550/2$ = 275 cm
- Banyaknya injakan = $275/17,5$ = 16 buah injakan
- Jarak horisontal = 16×30 = 480 cm
- Ukuran ruangan = (360×700) cm²
- Ukuran bordes = $700 - 480$ = 220 cm
- Kemiringan tangga (α) :

$$\text{Arch Tg } \alpha = t / I = 17,5/30$$

$$\alpha = 30.26^\circ$$



Gambar 3.3. Rencana tangga lantai dasar.

Dengan mengambil $t = 14$ cm, x dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$\sin \alpha = \frac{x}{30}, \text{ sehingga } x = \sin \alpha * 30 = 14,9 \text{ cm}$$

maka tebal pelat rata - rata = $14 + 0,5 * 14,9 = 20,46$ cm

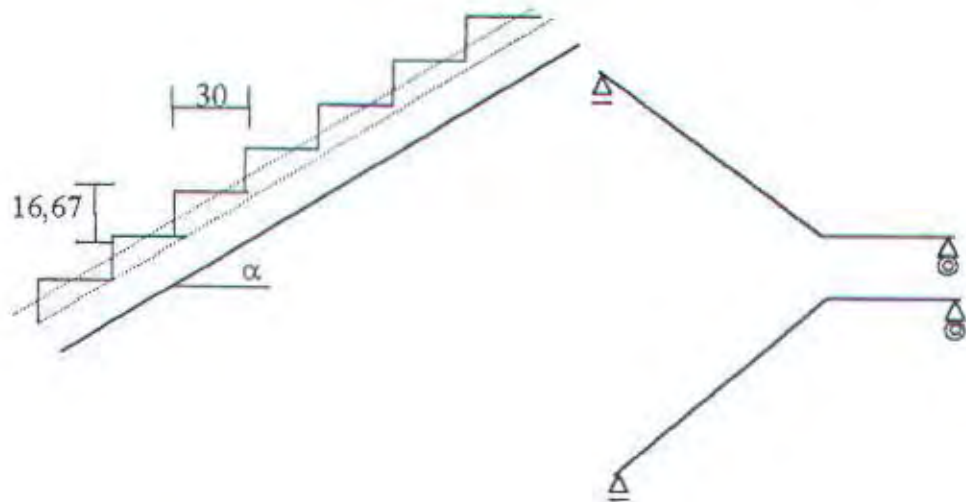
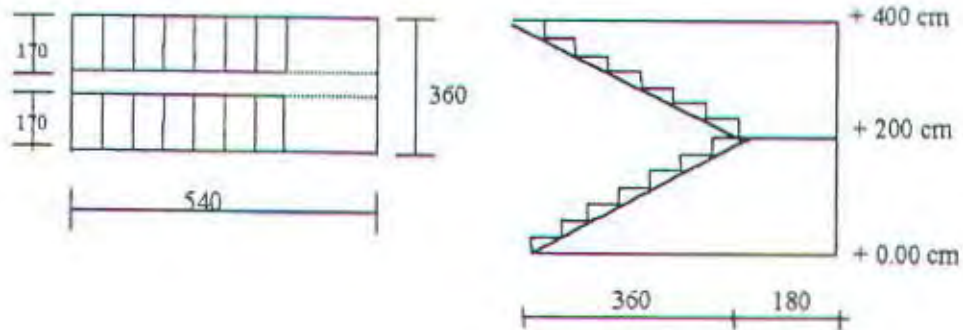
Tebal bordes dipakai 13 cm.

B. Tangga Lantai 1 sampai dengan Lantai 5.

- Beda tinggi lantai ke bordes = $400/2$ = 200 cm
- Banyaknya injakan = $200/16,67$ = 12 buah injakan
- Jarak horisontal = 12×30 = 360 cm
- Ukuran ruangan = (360×540) cm²
- Ukuran bordes = $540 - 360$ = 180 cm
- Kemiringan tangga (α) :

$$\text{Arch Tg } \alpha = t / I = 16,67/30$$

$$\alpha = 29,06^\circ$$



Gambar 3.4. Rencana tangga lantai 1 s/d lantai 5.

Dengan mengambil $t = 14$ cm, x dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$\sin \alpha = \frac{x}{30}, \text{ sehingga } x = \sin \alpha * 30 = 14,6 \text{ cm}$$

$$\text{maka tebal pelat rata - rata} = 14 + 0,5 * 14,6 = 21,3 \text{ cm}$$

Tebal bordes dipakai 13 cm.

3.2.2. Pembebanan Tangga dan Bordes.

A. Pembebanan Pelat Tangga

Beban Mati :

$$\begin{aligned} - \text{Pelat tangga} &= (0,213 / \cos 30,26^\circ) \times 2400 \times 1 &= 571,28 \text{ kg/m'} \\ - \text{Tegel} &= (2 \times 24) \times (30 + 17,5) / 30 &= 76 \text{ kg/m'} \\ - \text{Speci 2 cm} &= (2 \times 21) \times (30 + 17,5) / 30 &= 66,5 \text{ kg/m'} \\ - \text{Pegangan tangga} & &= 10 \text{ kg/m'} \end{aligned}$$

$$\text{DL} = 723,78 \text{ kg/m'}$$

Beban hidup :

$$\begin{aligned} - \text{Beban hidup tangga} & \text{LL} = 300 \text{ kg/m'} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 * \text{DL} + 1,6 * \text{LL} \\ &= 1,2 * 723,78 + 1,6 * 300 \\ &= 1348,54 \text{ kg/m'} \end{aligned}$$

B. Bordes

Beban Mati :

$$\begin{aligned} - \text{Berat sendiri plat} &= 0,13 \times 2400 \times 1 &= 312 \text{ kg/m'} \\ - \text{Spesi dan tegel} &= (2 \times 21) + (2 \times 24) \times 1 &= 90 \text{ kg/m'} \end{aligned}$$

$$\text{DL} = 402 \text{ kg/m'}$$

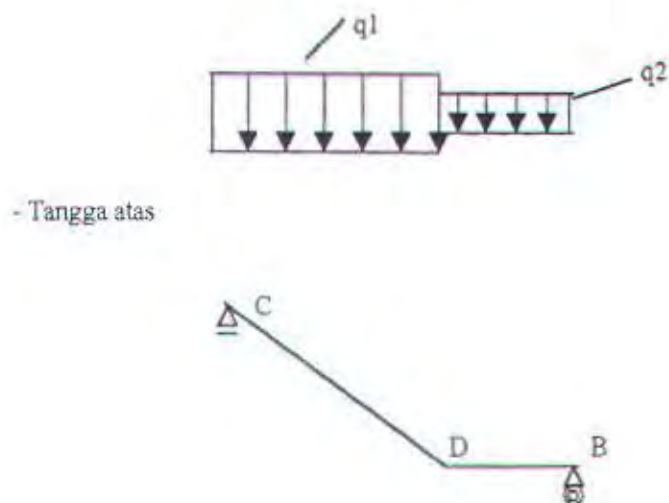
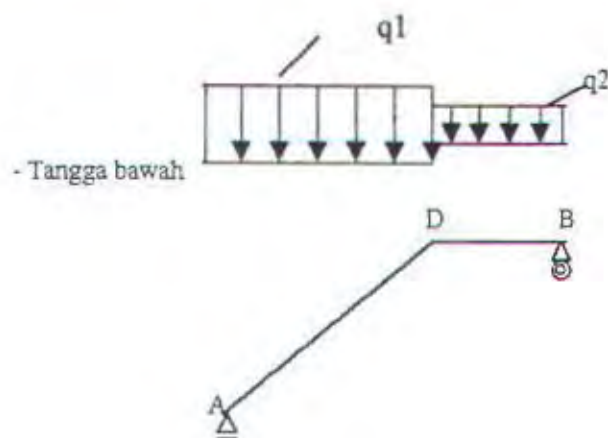
Beban hidup :

$$\begin{aligned} - \text{Beban hidup tangga} & \text{LL} = 300 \text{ kg/m'} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 * DL + 1,6 * LL \\
 &= 1,2 * 429 + 1,6 * 300 \\
 &= 962,40 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

3.2.3. Perhitungan Gaya Dalam Tangga

Untuk mendapatkan gaya-gaya dari tangga disini dipakai cara perhitungan awal dengan anggapan bahwa titik A sendi, B rol dan C buhul.



Analisa gaya dalam yang terjadi pada struktur tangga dilakukan dengan memakai Program SAP 90, dengan input data dan hasilnya dapat dilihat pada lampiran.

Dari hasil input tersebut diperoleh output gaya dalam dengan harga-harga maksimum sebagai berikut :

Tangga Lantai Dasar :

| | | |
|--------------|--------|---------------|
| Pelat tangga | Mu max | = 7033,33 kgm |
| | Vu max | = 3779,12 kgm |
| Pelat bordes | Mu max | = 5370,75 kgm |
| | Vu max | = 3849,91 kgm |

Tangga Lantai 1 sampai dengan Lantai 5 :

| | | |
|--------------|--------|---------------|
| Pelat tangga | Mu max | = 4311,01 kgm |
| | Vu max | = 2863,63 kgm |
| Pelat bordes | Mu max | = 3727,84 kgm |
| | Vu max | = 2937,18 kgm |

3.2.4. Penulangan Tangga Dan Bordes.

Metode perhitungan pada elemen tangga adalah metode kekuatan batas. Adapun batasan-batasan yang ditetapkan adalah :

$$\rho_{\max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,0244$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y \quad (\text{SKSNI '91 pasal 3.3.5.1})$$

$$= 1,4 / 400 = 0,0035$$

Direncanakan :

- tebal plat tangga (h) = 140 mm
- beton deking (δ) = 20 mm

- mutu baja (f_y) = 400 Mpa
- diameter tulangan = D16

Syarat : $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$

A. Penulangan Lentur Tangga Lantai Dasar :

• Penulangan Pelat Tangga (Tanjakan)

Penulangan arah x :

$$M_u \max = 7033,36 \text{ kgm} = 70333600 \text{ Nmm}$$

$$d = h - p - 1/2 \phi = 140 - 20 - 1/2 16 = 112 \text{ mm}$$

$$d' = 20 + 1/2 16 = 28 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,68$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{70333600}{0,80 \times 1000 \times 112^2} = 7,01 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 7,01}{400}} \right)$$

$$= 0,0201$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0,0201 \leq \rho_{\max} = 0,0244 \quad \text{Ok!}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,021 \times 1000 \times 112 = 2352,00 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan : D16 - 85 mm ($A_s = 2365,4 \text{ mm}^2$)

$$A_s' = 0,5 \times \rho \times b \times d$$

$$= 1120 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan : D16 - 175 mm ($A_s' = 1148,9 \text{ mm}^2$)

Penulangan arah y :

Tangga direncanakan sebagai pelat satu arah maka penulangan arah y adalah sebagai tulangan pembagi yang dipasang sebagai tulangan melintang dengan jumlah tulangan :

$$\begin{aligned} A_s &= 0,002 \times 1000 \times 140 \\ &= 280 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan : D8 - 175 mm ($A_s = 287,23 \text{ mm}^2$)

• ***Penulangan Bordes***

Penulangan arah x :

$$M_u \text{ max} = 5370,75 \text{ kgm} = 53707500 \text{ Nmm}$$

$$d = h - p - 1/2 \phi = 130 - 20 - 1/2 \cdot 16 = 102 \text{ mm}$$

$$d' = 20 + 1/2 \cdot 16 = 28 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,68$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{53707500}{0,80 \times 1000 \times 102^2} = 6,45 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 6,45}{400}} \right) \\ &= 0,0189 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0,0189 \leq \rho_{\text{max}} = 0,0244 \quad \text{Ok !}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0189 \times 1000 \times 102 = 1927 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan : D16 - 100 mm ($A_s = 2010,6 \text{ mm}^2$)

$$A_s' = 0,5 \times \rho \times b \times d$$

$$= 918 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan : D16 - 200 mm ($A_s' = 1005,3 \text{ mm}^2$)

Penulangan arah y :

Tangga direncanakan sebagai pelat satu arah maka penulangan arah y adalah sebagai tulangan pembagi yang dipasang sebagai tulangan melintang dengan jumlah tulangan :

$$A_s = 0,002 \times 1000 \times 130$$

$$= 260 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan : D8 - 190 mm ($A_s = 264,56 \text{ mm}^2$)

B. Penulangan Lentur Tangga Lantai 1 s/d Lantai 5 :

• Penulangan Pelat Tangga (Tanjakan)

Penulangan arah x :

$$M_u \text{ max} = 4311,01 \text{ kgm} = 43110100 \text{ Nmm}$$

$$d = h - p - 1/2 \phi = 140 - 20 - 1/2 \cdot 16 = 112 \text{ mm}$$

$$d' = 20 + 1/2 \cdot 16 = 28 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,68$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{43110100}{0,80 \times 1000 \times 112^2} = 4,30 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 4,30}{400}} \right)$$

$$= 0,0118$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0,0118 \leq \rho_{\text{max}} = 0,0244 \quad \text{Ok!}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0118 \times 1000 \times 112 = 1325,91 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan : D16 - 150 mm ($A_s = 1340,41 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} As' &= 0,5 \times \rho \times b \times d \\ &= 660,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan : D16 - 300 mm ($As' = 670,21 \text{ mm}^2$)

Penulangan arah y :

Tangga direncanakan sebagai pelat satu arah maka penulangan arah y adalah sebagai tulangan pembagi yang dipasang sebagai tulangan melintang dengan jumlah tulangan :

$$\begin{aligned} As &= 0,002 \times 1000 \times 140 \\ &= 280 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan : D8 - 175 mm ($As = 287,23 \text{ mm}^2$)

- *Penulangan Bordes*

Penulangan arah x :

$$Mu \text{ max} = 3727,84 \text{ kgm} = 37278400 \text{ Nmm}$$

$$d = h - p - 1/2 \phi = 130 - 20 - 1/2 \cdot 16 = 102 \text{ mm}$$

$$d' = 20 + 1/2 \cdot 16 = 28 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,68$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{37278400}{0,80 \times 1000 \times 102^2} = 4,48 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 4,48}{400}} \right) \\ &= 0,0124 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0,0124 \leq \rho_{\text{max}} = 0,0244 \quad \text{Ok!}$$

$$\begin{aligned} As &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0124 \times 1000 \times 102 = 1265,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan : D16 - 150 mm ($A_s = 1340,4 \text{ mm}^2$)

$$A_s' = 0,5 \times \rho \times b \times d$$

$$= 632,4 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan : D16 - 300 mm ($A_s' = 670,2 \text{ mm}^2$)

Penulangan arah y :

Tangga direncanakan sebagai pelat satu arah maka penulangan arah y adalah sebagai tulangan pembagi yang dipasang sebagai tulangan melintang dengan jumlah tulangan :

$$A_s = 0,002 \times 1000 \times 130$$

$$= 260 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan : D8 - 190 mm ($A_s = 264,56 \text{ mm}^2$)

C. *Penulangan Geser Tangga.*

$$V_u \text{ max} = 3849,9 \text{ kg} = 38499 \text{ N}$$

Sumbangan kekuatan geser beton menurut SKSNI '91 :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b \times d = \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 1000 \times 102 = 93112,8 \text{ N}$$

Sehingga :

$$\phi \times V_c = \phi \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$= 0,6 \times 93112,8 = 55867,7 \text{ N}$$

Syarat diperlukan tulangan geser bila : $V_u > \phi V_c$

Karena $V_u = 38499 \text{ N} < \phi V_c = 55867,7 \text{ N}$, maka pelat tangga tidak memerlukan tulangan geser untuk menambah kekuatan.

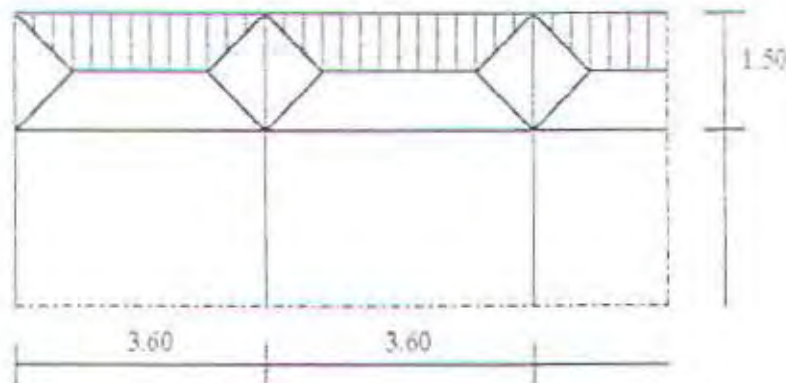
3.3. PERENCANAAN BALOK ANAK TEPI (Balok List Plank).

Balok anak tepi merupakan struktur sekunder, sehingga bukan merupakan elemen yang menerima gaya lateral, tetapi lebih berfungsi sebagai struktur yang mendukung beban grafitasi unsur lain yang berhubungan dengannya, misalnya beban pelat serta menyalurkan beban-beban tersebut pada struktur utama.

Dalam perencanaan balok anak tepi akan dibahas mengenai cara mencari gaya-gaya dalam dari balok yang dipakai untuk menghitung tulangan lentur, geser dan torsi serta terhadap kontrol lendutan dan retak.

3.3.1. Pembebanan Balok Anak Tepi

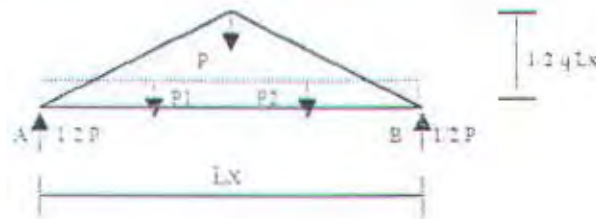
Beban beban yang bekerja pada balok anak tepi tersebut adalah berat sendiri balok, beban mati berupa tembok dan semua beban merata pada pelat yaitu baban mati merata akibat berat sendiri pelat dan beban hidup yang ada diatas pelat. Distribusi bebannya sedemikian rupa sehingga dapat dianggap sebagai beban trapesium pada lajur yang panjang serta beban segitiga pada lajur yang pendek. Beban-beban berbentuk trapesium maupun segitiga tersebut kemudian dirubah menjadi beban merata ekuivalen dengan menyamakan momen maksimumnya.



Gambar 3.6. Distribusi beban pada balok akibat beban pelat.

Variasi pembebanan dan beban ekuivalen yang terjadi pada perhitungan balok anak tepi antara lain :

a) Penurunan rumus beban ekuivalen (q_{eq}) segitiga



$$P = 1/2 q Lx$$

$$P1 = 1/4 P Lx$$

Akibat beban P :

$$\begin{aligned} M_{max} &= RA (1/2 \times Lx) - P1 (1/3 \times (1/2 Lx)) \\ &= 1/2 P1 Lx - 1/6 P1 Lx \\ &= 1/2 (1/4 P Lx) Lx - 1/6 (1/4 P Lx) Lx \\ &= 1/8 PLx^2 - 1/24 PLx^2 \\ &= 1/12 PLx^2 \end{aligned}$$

Akibat beban q_{eq}

$$M = 1/8 q_{eq} Lx^2$$

Sehingga $M = M_{max}$

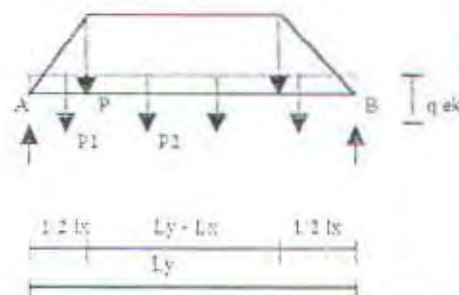
$$1/8 q_{eq} Lx^2 = 1/12 PLx^2$$

$$q_{eq} = 2/3 P$$

Jadi rumus beban ekuivalen segitiga adalah

$$q_{eq} = \frac{1}{3} * q * Lx$$

b) Penurunan rumus beban ekuivalen (q_{eq}) trapesium



$$P = 1/2 q_{ek} Lx$$

$$P1 = 1/2 P \times 1/2 Lx = 1/4 P Lx$$

$$P2 = 1/2 P (Ly - Lx)$$

Akibat beban P

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= R_A \cdot \frac{1}{2} L_y + P_1 \left(\frac{1}{3} \left(\frac{1}{2} L_x \right) + \frac{1}{2} (L_y - L_x) \right) + P_2 \left(\frac{1}{4} (L_y - L_x) \right) \\
 &= (P_1 - P_2) \cdot \frac{1}{2} L_x + P_2 \left(\frac{1}{4} (L_y - L_x) \right) \\
 &= \frac{1}{2} P_1 L_y - \frac{1}{2} P_2 L_y + \frac{1}{6} P_1 L_x + \frac{1}{2} P_1 (L_y - L_x) + \frac{1}{4} P_2 (L_y - L_x) \\
 &= \frac{1}{2} P_1 L_y - \frac{1}{2} P_2 L_y + \frac{1}{6} P_1 L_x + \frac{1}{2} P_1 L_y + \frac{1}{2} P_1 L_x + \frac{1}{4} P_2 L_y \\
 &\quad - \frac{1}{4} P_2 L_x \\
 &= \frac{1}{2} P_1 L_x + \frac{1}{6} P_1 L_x + \frac{1}{2} P_2 L_y + \frac{1}{4} P_2 L_y - \frac{1}{4} P_2 L_x \\
 &= \frac{1}{3} P_1 L_x + \frac{1}{4} P_2 L_x + \frac{1}{4} P_2 L_y \\
 &= \frac{1}{3} \left(\frac{1}{4} P L_x \right) + \frac{1}{4} \left(\frac{1}{2} P (L_y - L_x) L_x \right) + \frac{1}{4} \left(\frac{1}{2} P (L_y - L_x) \right) \\
 &= \frac{1}{12} P L_x^2 + \frac{1}{8} P L_y L_x + \frac{1}{8} P L_x^2 + \frac{1}{8} P L_y^2 + \frac{1}{8} P L_y L_x \\
 &= \frac{1}{8} P L_y^2 + \frac{1}{24} P L_x^2
 \end{aligned}$$

Akibat beban q_{eq}

$$M_{q_{eq}} = \frac{1}{8} q_{eq} L_y^2$$

Maka : $M_{eq} = M_{\max}$

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{8} q_{eq} L_y^2 &= \frac{1}{8} P L_y^2 + \frac{1}{24} L_x^2 \\
 q_{eq} &= P \left(\frac{L_x^2}{L_y^2} \right) + \frac{1}{3} P \left(\frac{L_x^2}{L_y^2} \right) \\
 &= P \left(1 + \frac{1}{3} \left(\frac{L_x^2}{L_y^2} \right) \right)
 \end{aligned}$$

Jadi rumus equivalen trapesium adalah :

$$q_{eq} = \frac{1}{2} * q * L_x \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{L_x}{L_y} \right)^2 \right]$$

A. Beban Yang Bekerja Pada Balok Anak Tepi Atap.

Beban Mati :

$$- \text{ Berat sendiri : } 0,2 * 0,3 * 2400 = 144 \text{ kg m}$$

$$- \text{ Beban pelat : } \frac{1}{2} * 378 * 1,3 \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{1,3}{3,25} \right)^2 \right] = 232,6 \text{ kg m}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{• Berat list plank beton : } 0,08 * 0,30 * 2400 & = 57,6 \text{ kg/m} \\
 & & \hline
 & q_D & = 434,2 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup (q_L) :

$$\text{Beban atap} = 1,2 * 120 * 1,3 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1,3}{3,25} \right)^2 \right] = 73,84 \text{ kg/m}$$

Beban Rencana :

$$\begin{aligned}
 q_n &= 1,2 * D + 1,6 * L \\
 &= 1,2 * 434,2 + 1,6 * 73,84 = 639,18 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

B. Beban Yang Bekerja Pada Balok Anak Tepi Lantai.

Beban Mati :

$$\begin{aligned}
 & \text{• Berat sendiri : } 0,2 * 0,3 * 2400 & = 144 \text{ kg/m} \\
 & \text{• Beban pelat : } 1,2 * 447 * 1,3 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1,3}{3,25} \right)^2 \right] & = 275,1 \text{ kg/m} \\
 & \text{• Beban dinding 1 m : } 250 * 1,0 & = 250 \text{ kg/m} \\
 & \text{• Berat list plank beton : } 0,08 * 0,30 * 2400 & = 57,6 \text{ kg/m} \\
 & & \hline
 & q_D & = 726,7 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup (q_L) :

$$\text{Beban atap} = 1,2 * 250 * 1,3 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1,3}{3,25} \right)^2 \right] = 153,8 \text{ kg/m}$$

Beban Rencana :

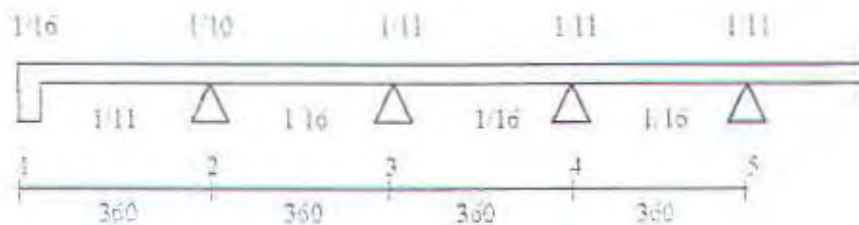
$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 * D + 1,6 * L \\
 &= 1,2 * 726,7 + 1,6 * 153,8 = 1118,12 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

3.3.2. Perhitungan Gaya Dalam Balok Anak Tepi.

Asumsi yang digunakan untuk menghitung momen ultimate atau momen kritis adalah balok dianggap terjepit elastis pada suatu tumpuan dimana balok tersebut merupakan satu kesatuan monolit dengan balok lain. Untuk mendapatkan harga-harga momen ultimate pada daerah tumpuan dan lapangan digunakan aturan dalam SKSNI T-15-1991-03 untuk mempermudah dan lebih sederhana asalkan balok tersebut mempunyai pembebanan dan berjarak antara 2 tumpuan yang sama.

Perhitungan gaya dalam balok anak tepi dapat melihat pada tabel distribusi gaya-gaya pada balok (SKSNI T-15 -1991-03) sebagai berikut :

Koefisien momen dikalikan dengan $q_u * L_n^2$



Gambar 3.7. Distribusi gaya dalam balok anak tepi.

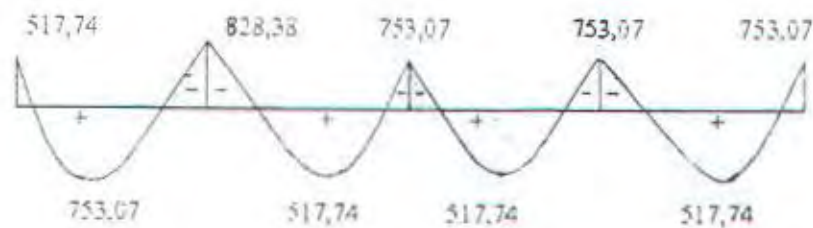
Dari gambar 3.7. tersebut diperoleh gaya-gaya dalam sebagai berikut :

A. Gaya Yang Terjadi Pada Balok Anak Tepi Atap :

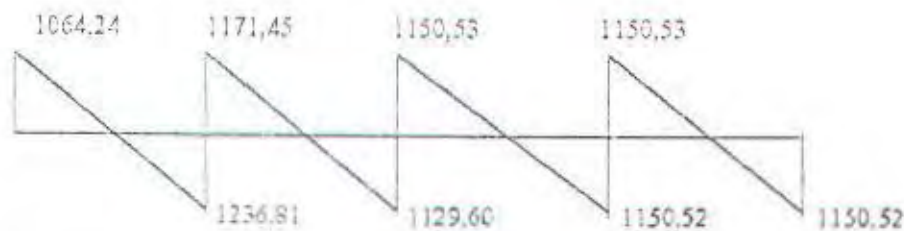
$$\begin{aligned}
 - M_{T1} &= \frac{1}{16} * 639,18 * (3,60)^2 = 517,74 \text{ kgm} \\
 - M_{1-2} &= \frac{1}{11} * 639,18 * (3,60)^2 = 753,07 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{T2} &= \frac{1}{10} + 639.18 + (3.60)^2 = 828.38 \text{ kgm} \\
 \bullet \quad M_{T3} &= \frac{1}{16} + 639.18 + (3.60)^2 = 517.74 \text{ kgm} \\
 \bullet \quad M_{T4} &= \frac{1}{11} + 639.18 + (3.60)^2 = 753.07 \text{ kgm} \\
 \bullet \quad R_1 &= \frac{639.18 \cdot 3.6 \cdot 1.8 + 517.74 - 828.38}{3.60} = 1064.24 \text{ kg} \\
 \bullet \quad R_2 &= \frac{2 \cdot 639.18 \cdot 3.6 \cdot 1.8 - 517.74 + 2 \cdot 828.38 - 753.07}{3.60} = 2408.26 \text{ kg} \\
 \bullet \quad R_3 &= \frac{2 \cdot 639.18 \cdot 3.6 \cdot 1.8 - 828.38 + 753.07}{3.60} = 2280.13 \text{ kg} \\
 \bullet \quad R_4 = R_1 &= 2 \cdot 639.18 \cdot 1.8 = 2301.05 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Bidang M



Bidang V



Jadi momen ultimit : $Mu_{max} = 828.38 \text{ kgm}$

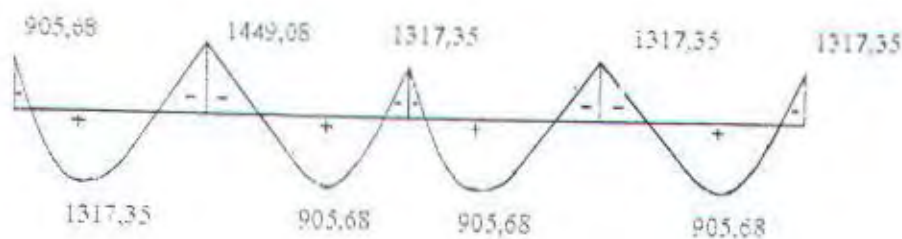
$Mu_{min} = 517.74 \text{ kgm}$

Gaya lintang ultimit : $Vu_{max} = 1236.81 \text{ kg}$

B. Gaya Yang Terjadi Pada Balok Anak Tepi Lantai :

$$\begin{aligned}
 - M_{T1} &= \frac{1}{10} * 1118,12 * (3,60)^2 = 905,68 \text{ kgm} \\
 - M_{L1-1} &= \frac{1}{11} * 1118,12 * (3,60)^2 = 1317,35 \text{ kgm} \\
 - M_{T2} &= \frac{1}{10} * 1118,12 * (3,60)^2 = 1449,08 \text{ kgm} \\
 - M_{L2-1} &= \frac{1}{10} * 1118,12 * (3,60)^2 = 905,68 \text{ kgm} \\
 - M_{T3} &= \frac{1}{11} * 1118,12 * (3,60)^2 = 1317,35 \text{ kgm} \\
 - R_1 &= \frac{1118,12 * 3,6 * 1,8 + 905,68 - 1449,08}{3,60} = 1861,67 \text{ kg} \\
 - R_2 &= \frac{2 * 1118,12 * 3,6 * 1,8 - 905,68 + 2 * 1449,08 - 1317,35}{3,60} = 4212,77 \text{ kg} \\
 - R_3 &= \frac{2 * 1118,12 * 3,6 * 1,8 - 1449,08 + 1317,35}{3,60} = 3988,64 \text{ kg} \\
 - R_4 = V_2 &= 2 * 1118,12 * 1,8 = 4025,23 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Bidang M



Bidang V



$$\begin{aligned}\text{Jadi momen ultimit : } Mu_{maxT} &= 1449,08 \text{ kgm} \\ Mu_{maxL} &= 1317,35 \text{ kgm} \\ \text{Gaya lintang ultimit : } Vu_{max} &= 2163,56 \text{ kg}\end{aligned}$$

3.3.3. Penulangan Balok Anak Tepi.

Metode perhitungan pada balok tepi adalah metode kekuatan batas. Adapun batasan-batasan yang ditetapkan adalah :

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= \frac{0,75 \times 0,85 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ \rho_{max} &= \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0244\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= 1,4 / f_y \quad (\text{SKSNI '91 pasal 3.3.5.1}) \\ &= 1,4 / 400 = 0,0035\end{aligned}$$

A. Penulangan Balok Tepi Atap.

Data perencanaan :

- Dimensi balok anak = 20-30
- Selimut beton = 40 mm
- Mutu beton = 30 MPa
- Mutu baja = 400 MPa
- ϕ tulangan utama = D 13
- ϕ tulangan sengkang = ϕ 8
- Mu_{maxT} = 828,38 kgm = 8283800 Nmm
- Mu_{maxL} = 753,07 kgm = 7530700 Nmm
- Vu_{max} = 1236,81 kg = 12368,1 N

2. Penulangan Lentur :

Tulangan Tumpuan :

$$Mu_{max} = 828.38 \text{ kgm} = 8283800 \text{ Nmm}$$

$$d = h - (p + 1/2 \phi) = 300 - (40 + 1/2 13) = 253,5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 1/2 13 = 46,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,68$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{8283800}{0,80 \times 200 \times 253,5^2} = 0,806 \text{ MPa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 0,806}{400}} \right)$$

$$= 0,00205$$

$$\rho_{min} = 0,0035 > \rho_{perlu} = 0,00205 \leq \rho_{max} = 0,0244$$

$$\text{dipakai } \rho_{min} = 0,0035$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 200 \times 253,5 = 177,45 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan : 2D13 (} A_s = 265,46 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$A_s' = 0,5 \times \rho \times b \times d$$

$$= 88,725 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan : 2D13 (} A_s' = 265,46 \text{ mm}^2 \text{)}$$

Tulangan Lapangan :

$$Mu_{maxL} = 753,07 \text{ kgm} = 7530700 \text{ Nmm}$$

$$d = h - (p + 1/2 \phi) = 300 - (40 + 1/2 13) = 253,5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 1/2 13 = 46,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,68$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{7530700}{0,80 \times 200 \times 253,5^2} = 0,733 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 0,733}{400}} \right)$$

$$= 0,00186$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0035 > \rho_{\text{perlu}} = 0,00186 \leq \rho_{\text{max}} = 0,0244$$

$$\text{dipakai } \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0035 \cdot 200 \cdot 253,5 = 177,45 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan : 2D13 (} A_s = 265,46 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$A_s' = 0,5 \cdot \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 88,725 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan : 2D13 (} A_s' = 265,46 \text{ mm}^2 \text{)}$$

□ *Penulangan Geser dan Torsi:*

$$V_{u_{\text{max}}} = 1236,81 \text{ kg} = 12368,1 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{12368,1}{0,6} = 20613,5 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_{c'}} \times b_w \times d = \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 200 \times 253,5 = 46282,56 \text{ N}$$

$$V_n = 20613.5 \text{ N} < V_c = 46282.56 \text{ N}$$

karena gaya geser yang disumbangkan oleh beton sudah mampu menerima gaya geser yang terjadi, maka balok anak tersebut tidak diperlukan sengkang untuk menambah kekuatan. Maka dipasang tulangan sengkang praktis ϕ 8 mm. dengan jarak $d/2$ pada seluruh bentang.

$$S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{253.5}{2} = 126.75 \text{ mm}$$

dipasang 2 ϕ 8 – 125 mm

$$A_v \text{ ada} = 2 * \frac{\pi}{4} * 8^2 = 100.53 \text{ mm}^2$$

Penulangan Torsi Minimum :

$$A_v \text{ min} = \frac{b_w * S}{3 * f_y} = \frac{200 * 125}{3 * 240} = 34.72 \text{ mm}^2$$

$$A_v \text{ ada} = 100.53 \text{ mm}^2 > A_v \text{ min} = 34.72 \text{ mm}^2$$

Jadi tulangan melintang torsi dapat diabaikan.

Tulangan Memanjang :

$$Xl = 200 - (2 * 40 - 8) = 112 \text{ mm}$$

$$Yl = 300 - (2 * 40 + 8) = 212 \text{ mm}$$

$$A_l = \frac{b_w}{3 * f_y} (Xl + Yl) = \frac{200}{3 * 240} (112 + 212) = 90 \text{ mm}^2$$

Tulangan longitudinal ini disebarkan pada keempat bagian penampang balok yaitu pada tulangan atas, tulangan tengah dan tulangan bawah yang ditambahkan pada tulangan lenturnya.

$$\text{Masing-masing sisi dipasang } 1/4 A_l = 1/4 * 90 = 22.5 \text{ mm}^2$$

Desain Akhir Balok Anak Tepi :

- Tulangan Tumpuan Atas :

$$A_s \text{ total} = A_s \text{ lentur} - A_l = 177.45 + 22.5 = 199.95 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan : } 2D13 \text{ (} A_s = 265.46 \text{ mm}^2 \text{)}$$

- Tulangan Tumpuan Bawah :
 $As'_{total} = 88,725 + 22,5 = 111,225 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan : 2D13 ($As' = 265,46 \text{ mm}^2$)
- Tulangan Tumpuan Tengah :
 $As_{perlu} = 2 * 22,5 = 45 \text{ mm}^2$
 Dipasang tulangan praktis 2 ϕ 8 ($As = 100,53 \text{ mm}^2$)
- Tulangan Lapangan Atas :
 $As_{total} = As_{lentur} + A_l = 177,45 + 22,5 = 199,95 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan : 2D13 ($As = 265,46 \text{ mm}^2$)
- Tulangan Lapangan Bawah :
 $As'_{total} = 88,725 + 22,5 = 111,225 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan : 2D13 ($As' = 265,46 \text{ mm}^2$)
- Tulangan Lapangan Tengah :
 $As_{perlu} = 2 * 22,5 = 45 \text{ mm}^2$
 Dipasang tulangan praktis 2 ϕ 8 ($As = 100,53 \text{ mm}^2$)

B. Penulangan Balok Tepi Lantai.

Data perencanaan :

- Dimensi balok anak = 20.30
- Selimut beton = 40 mm
- Mutu beton = 30 MPa
- Mutu baja = 400 MPa
- ϕ tulangan utama = D 13
- ϕ tulangan sengkang = ϕ 8
- $Mu_{maxT} = 1449,08 \text{ kgm} = 14490800 \text{ Nmm}$
- $Mu_{maxL} = 1317,35 \text{ kgm} = 13173500 \text{ Nmm}$
- $Vu_{max} = 2163,56 \text{ kg} = 21635,6 \text{ N}$

2. Pemulangan Lentur :

Tulangan Tumpuan :

$$Mu_{maxT} = 1449,08 \text{ kgm} = 14490800 \text{ Nmm}$$

$$d = h - (p + 1/2 \phi) = 300 - (40 + 1/2 \cdot 13) = 253,5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 1/2 \cdot 13 = 46,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,68$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{14490800}{0,80 \cdot 200 \cdot 253,5^2} = 1,409 \text{ MPa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 1,409}{400}} \right)$$

$$= 0,00363$$

$$\rho_{min} = 0,0035 < \rho_{perlu} = 0,00363 < \rho_{max} = 0,0244$$

$$\text{dipakai } \rho = 0,00363$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00363 \cdot 200 \cdot 253,5 = 183,86 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan : 2D13 (} A_s = 265,46 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$A_s' = 0,5 \cdot \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 91,93 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan : 2D13 (} A_s' = 265,46 \text{ mm}^2 \text{)}$$

Tulangan Lapangan :

$$Mu_{maxL} = 1317,35 \text{ kgm} = 13173500 \text{ Nmm}$$

$$d = h - (p + 1/2 \phi) = 300 - (40 + 1/2 \cdot 13) = 253,5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 1/2 \cdot 13 = 46,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,68$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{13173500}{0,80 \times 200 \times 253,5^2} = 1,281 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 1,281}{400}} \right) \\ &= 0,00329 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0035 > \rho_{\text{perlu}} = 0,00329 < \rho_{\text{max}} = 0,0244$$

$$\text{dipakai } \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 200 \times 253,5 = 177,45 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan : 2D13 (} A_s = 265,46 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$A_s' = 0,5 \times \rho \times b \times d$$

$$= 88,725 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan : 2D13 (} A_s' = 265,46 \text{ mm}^2 \text{)}$$

□ *Pemulangan Geser dan Torsi:*

$$V_{u_{\text{max}}} = 2163,56 \text{ kg} = 21635,6 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{21635,6}{0,6} = 36059,33 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 200 \times 253,5 = 46282,56 \text{ N}$$

$$V_n = 36059,33 \text{ N} < V_c = 46282,56 \text{ N}$$

karena gaya geser yang disumbangkan oleh beton sudah mampu menerima gaya geser yang terjadi, maka balok anak tersebut tidak diperlukan sengkang untuk menambah kekuatan. Maka dipasang tulangan sengkang praktis ϕ 8 mm, dengan jarak $d/2$ pada seluruh bentang.

$$S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{253,5}{2} = 126,75 \text{ mm}$$

dipasang ϕ 8 - 125 mm

$$A_v \text{ ada} = 2 * \frac{\pi}{4} * 8^2 = 100,53 \text{ mm}^2$$

Penulangan Torsi Minimum :

$$A_v \text{ min} = \frac{b_w * S}{3 * f_y} = \frac{200 * 125}{3 * 240} = 34,72 \text{ mm}^2$$

$$A_v \text{ ada} = 100,53 \text{ mm}^2 > A_v \text{ min} = 34,72 \text{ mm}^2$$

Jadi tulangan melintang torsi dapat diabaikan.

Tulangan Memanjang :

$$X_l = 200 - (2 * 40 + 8) = 112 \text{ mm}$$

$$Y_l = 300 - (2 * 40 + 8) = 212 \text{ mm}$$

$$A_l = \frac{b_w}{3 * f_y} (X_l + Y_l) = \frac{200}{3 * 240} (112 + 212) = 90 \text{ mm}^2$$

Tulangan longitudinal ini disebarkan pada keempat bagian penampang balok yaitu pada tulangan atas, tulangan tengah dan tulangan bawah yang ditambahkan pada tulangan lenturnya.

$$\text{Masing-masing sisi dipasang } \frac{1}{4} A_l = \frac{1}{4} * 90 = 22,5 \text{ mm}^2$$

Desain Akhir Balok Anak Tepi :

- Tulangan Tumpuan Atas :

$$A_s \text{ total} = A_s \text{ lentur} + A_l = 183,86 + 22,5 = 206,36 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan : } 2D13 \text{ (} A_s = 265,46 \text{ mm}^2 \text{)}$$

- Tulangan Tumpuan Bawah :
 $As' \text{ total} = 91,93 - 22,5 = 114,43 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan : 2D13 ($As' = 265,46 \text{ mm}^2$)
- Tulangan Tumpuan Tengah :
 $As \text{ perlu} = 2 * 22,5 = 45 \text{ mm}^2$
 Dipasang tulangan praktis 2 ϕ 8 ($As = 100,53 \text{ mm}^2$)
- Tulangan Lapangan Atas :
 $As \text{ total} = As \text{ lentur} - A1 = 177,45 - 22,5 = 199,95 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan : 2D13 ($As = 265,46 \text{ mm}^2$)
- Tulangan Lapangan Bawah :
 $As' \text{ total} = 88,725 + 22,5 = 111,225 \text{ mm}^2$
 Dipakai tulangan : 2D13 ($As' = 265,46 \text{ mm}^2$)
- Tulangan Lapangan Tengah :
 $As \text{ perlu} = 2 * 22,5 = 45 \text{ mm}^2$
 Dipasang tulangan praktis 2 ϕ 8 ($As = 100,53 \text{ mm}^2$)

C. Panjang Penyaluran Dan Spasi Tulangan.

≡ Panjang penyaluran tulangan tarik

Panjang penyaluran dasar tulangan tarik untuk baja tulangan deform D 13 adalah sebagai berikut (SKSNI psl. 3.5.2.2) :

$$Ldb = \frac{0,02 \cdot Ab \cdot fy}{\sqrt{fc}} = \frac{0,02 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2 \right) \cdot 400}{\sqrt{30}} = 193,87 \text{ mm}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$Ldb = 0,06 \cdot db \cdot fy = 0,06 \cdot 13 \cdot 400 = 312 \text{ mm}$$

Akibat top bar effect (tulangan atas) :

$$\begin{aligned} Ldb \text{ dipasang} &= Ldb \cdot 1,4 \cdot 0,8 \\ &= 312 \cdot 1,4 \cdot 0,8 = 349,44 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm} \end{aligned}$$

□ Panjang penyaluran tulangan tekan

Panjang penyaluran dasar tulangan tekan untuk baja tulangan deform D 13 adalah sebagai berikut (SKSNI psl. 3.5.2.2) :

$$L_{db} = \frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c}} = \frac{13 \times 400}{4 \times \sqrt{30}} = 237,35 \text{ mm}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$L_{db} = 0,04 \times d_b \times f_y = 0,04 \times 13 \times 400 = 208 \text{ mm} = 25 \text{ cm}$$

□ Panjang Penyaluran Dari Tulangan Positif

Paling sedikit sepertiganya dari tulangan momen positif pada komponen struktur yang menerus harus diterima ke dalam tumpuan paling sedikit sepanjang (menurut SKSNI) :

- $150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$
- $d = 253,5 \text{ mm} \approx 26 \text{ cm}$ (menentukan)
- $12 \times d_b = 12 \times 13 = 156 \text{ mm} \approx 16 \text{ cm}$

□ Panjang Penyaluran Dari Tulangan Momen Negatif

Sepertiga dari tulangan tarik pada momen negatif diteruskan pada jarak terbesar antara (SKSNI pasal 3.5.12) :

- $d = 253,5 \text{ mm} \approx 26 \text{ cm}$ (menentukan)
- $12 \times d_b = 156 \text{ mm} \approx 16 \text{ cm}$
- $L_n/16 = 360/16 = 22,5 \text{ cm}$

3.3.4. Kontrol Lendutan

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus di desain agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan / deformasi yang mungkin memperlemah kekerasan dan kekerasan pada waktu beban kerja SKSNI-T-15-1991-03

mensyaratkan tebal minimum untuk balok bila lendutan tidak dihitung sesuai pasal 3.2.5.1. dalam tabel 3.2.5 (a) adalah sebagai berikut :

□ Tebal minimum balok satu ujung menerus :

$$h_{\min} = \frac{L}{18,5} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) = \frac{3600}{18,5} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) = 189,04 \text{ mm}$$

$$h_{\min} = 189,04 \text{ mm} < h_{\text{rencana}} = 300 \text{ mm} \quad \text{oke !!}$$

□ Tebal minimum balok dua ujung menerus :

$$h_{\min} = \frac{L}{21} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) = \frac{3600}{21} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) = 166,53 \text{ mm}$$

$$h_{\min} = 166,53 \text{ mm} < h_{\text{rencana}} = 300 \text{ mm} \quad \text{oke !!}$$

□ Tebal minimum balok dua tumpuan :

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) = \frac{3600}{16} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) = 218,57 \text{ mm}$$

$$h_{\min} = 218,57 \text{ mm} < h_{\text{rencana}} = 300 \text{ mm} \quad \text{oke !!}$$

3.3.5. Kontrol Terhadap Retak

Bila tegangan rencana f_y untuk tulangan tarik melebihi dari 300 Mpa maka penampang dengan momen negatif dan momen positif, maksimum harus diproporsikan sedemikian rupa sehingga nilai Z yang diberikan oleh :

$$Z = f_s \times \sqrt{d_c \times A} \quad (\text{SKSNI 3.3.6.4})$$

Tidak melebihi 30 MN /m untuk penampang dalam ruangan dan 25 MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar. Dimana f_s boleh diambil sebesar 60 % dari kuat baja yang direncanakan ($f_s = 0,6 f_y$).

- Balok dalam ruangan

Dengan :

$$f_s = 0.6 f_y = 0.6 \cdot 400 = 240 \text{ MPa}$$

$$d_c = 40 - 1.2 \cdot 13 = 46.5 \text{ mm}$$

$$A = \frac{2 \cdot d_c \cdot b_w}{\sum \text{tul. tarik}} = \frac{2 \cdot 46.5 \cdot 200}{2} = 9300 \text{ mm}^2$$

Maka :

$$Z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A} = 240 \cdot \sqrt[3]{46.5 \cdot 9300} = 18149.16 \text{ N / mm}$$

$$Z = 18,14916 \text{ MN/mm} \leq 30 \text{ MN/mm} \quad \text{oke !!}$$

Balok yang dipengaruhi cuaca luar

$$Z = 18,14916 \text{ MN/mm} \leq 25 \text{ MN/mm} \quad \text{oke !!}$$

TUGAS AKHIR

BAB IV

ANALISA STRUKTUR UTAMA

BAB IV

ANALISA STRUKTUR UTAMA

4.1. KRITERIA DESAIN

Struktur utama adalah sistem rangka bangunan yang merupakan rangkaian dari balok, kolom, serta dinding geser dari beton bertulang.

Selain berfungsi untuk meneruskan seluruh beban grafitasi ke pondasi, struktur utama juga diproporsikan sebagai sistem penahan beban lateral dari konstruksi gedung yang direncanakan dimana pelat-pelat lantai diasumsikan sebagai diafragma yang sangat kaku pada bidangnya.

Balok-balok anak tepi yang telah dihitung sebelumnya bukan merupakan struktur utama, sehingga pengaruhnya hanya sebagai beban-beban terpusat saja.

Dalam memenuhi persyaratan perencanaan seismik komponen struktur menurut Standar Beton '91, struktur utama direncanakan dengan daktilitas penuh. Pada konsep desain ini, struktur direncanakan sedemikian rupa dengan pendetailan khusus sehingga mampu berperilaku inelastis terhadap siklus gempa tanpa mengalami keruntuhan getas. Faktor jenis struktur K minimum ditetapkan sebesar 1,0.

4.2. ANALISA STRUKTUR UTAMA

Pada dasarnya tujuan utama analisa struktur adalah untuk mendapatkan besar dan arah gaya-gaya dalam yang diterima setiap komponen struktur. Pada perencanaan ini analisa dilakukan dengan bantuan program SAP 90 dengan prinsip-prinsip metode elemen hingga (*finite element method*).

Struktur utama merupakan sistem rangka terbuka dan dimodelkan sebagai 3D-Space Frame (Portal ruang). Pelat-pelat lantai sebagai diafragma yang sangat kaku pada bidangnya, menyebabkan semua titik pada tiap taraf lantai tidak dapat bergerak reaktif diantara semuanya.

Analisa yang dilakukan pada perencanaan ulang pada tugas akhir ini gedung Kantor PT. PLN Jawa Bali II Tahap II Surabaya ini menggunakan analisa statis, karena tinggi bangunan kurang dari 40 m.

4.3. PEMBEBANAN STRUKTUR UTAMA.

Beban-beban luar yang terdiri dari beban mati dan beban hidup yang bekerja pada pelat disalurkan ke balok-balok induk berupa beban merata ekuivalen perunit panjang balok. Disamping itu balok-balok tepi pada balkon (teras kantilever) menyalurkan beban-beban yang dipikul sebagai beban-beban terpusat pada balok induk konsol portal utama. Balok induk meneruskan beban ke kolom yang akhirnya sampai ke pondasi untuk diteruskan ke tanah dasar.

Beban-beban yang bekerja pada struktur utama meliputi :

- Beban Mati (D_L), yang terdiri dari beban mati pelat, balok anak tepi, tangga dan berat dinding tembok
- Beban Hidup (L_L), yang terdiri dari beban hidup pelat dan tangga
- Beban Gempa (E), dianalisa dengan menggunakan SAP 90.

Kombinasi pembebanan yang dipergunakan didasarkan pada SKSNI pasal 3.2.2 yaitu :

1. Kuat perlu (U) yang menahan beban mati (D_L) dan beban hidup (L_L) paling tidak harus sama dengan :

$$U = 1,2 \cdot DL + 1,6 \cdot LL \quad (\text{SKSNI pasal 3.2.2.1})$$

2. Bila ketentuan struktur terhadap beban gempa (E) harus ikut serta diperhitungkan dalam perencanaan, maka U diambil sebesar :

$$U = 1,05 \cdot (DL + LL_R \pm E) \quad (\text{SKSNI pasal 3.2.2.3})$$

Dimana :

- LL_R adalah beban hidup yang telah direduksi sesuai dengan persyaratan PPTIUG '83 tabel 3.3 yang menyebutkan bahwa untuk peninjauan gempa maka beban hidup boleh direduksi dengan koefisien reduksi sebesar 0,30 (untuk perkantoran). Sedangkan peninjauan perencanaan balok induk dan portal koefisien reduksi sebesar 0,60 (untuk perkantoran).
- Beban gempa (E) harus dikalikan dengan faktor jenis struktur (K) yang sesuai. Untuk daktilitas tingkat tiga nilai K minimum = 1,0.

Khusus untuk beban gempa, percepatan gempa rencana diambil menurut diagram koefisien gempa dasar untuk wilayah gempa 4 (kota Surabaya) dengan kondisi tanah dasar lunak, seperti yang terdapat dalam PPTIUG '83.

4.3.1. Perhitungan Pembebanan Struktur Utama Akibat Beban Gravitasi.

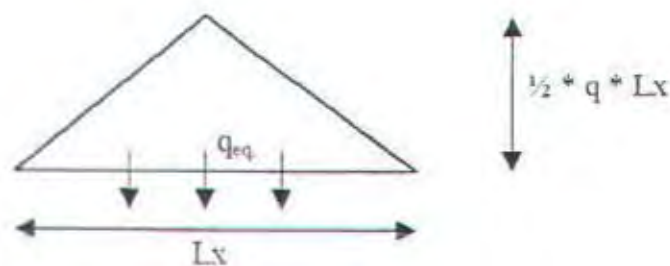
Beban-beban yang bekerja pada struktur utama tersebut adalah berat sendiri balok dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok struktur sedemikian rupa dapat dianggap sebagai beban segitiga pada lajur yang pendek serta beban trapesium pada lajur yang panjang. Beban-beban yang berbentuk segitiga maupun trapesium tersebut kemudian dirubah menjadi beban merata equivalen.

Beban ekivalen tersebut digunakan sebagai beban grafitasi pada struktur, untuk perhitungan analisa strukturnya menggunakan bantuan program SAP '90. Untuk balok yang menerima beban tembok diperhitungkan sebagai beban terbagi merata yang besarnya ditambahkan pada beban equivalen tersebut.

A. Perhitungan beban grafitasi merata equivalen.

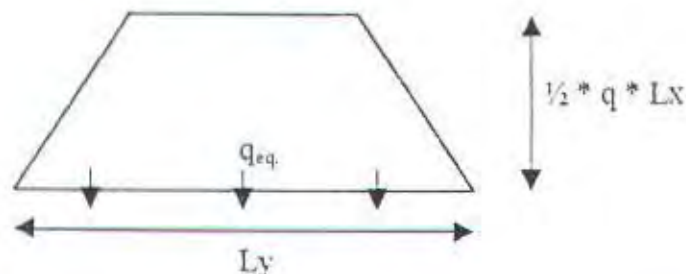
Adapun perumusan umum beban terbagi merata equivalen dapat diturunkan sebagai berikut :

- Beban equivalen segitiga :



$$q_{eq} = \frac{1}{3} * q * L_x$$

- Beban equivalen Trapesium :



$$q_{eq} = \frac{1}{2} * q * L_x * \left(1 - \frac{1}{3} (L_x / L_y)^2 \right)$$

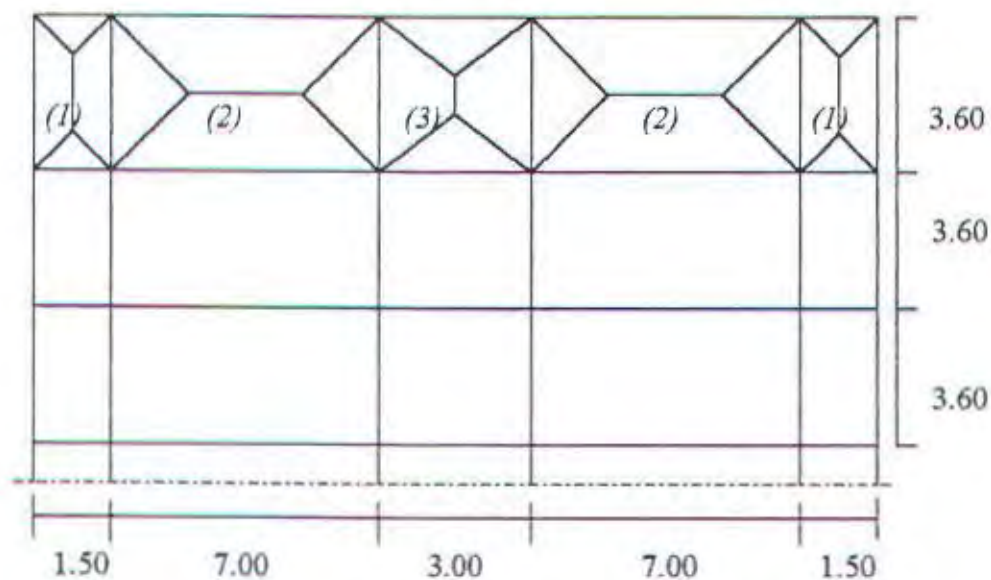
Dimana :

q = Beban yang didapat dari analisa beban pelat (hal. III-8) dimana beban hidup harus direduksi sebesar 0,6 (untuk perkantoran) sebagai beban portal utama.

L_x = Bentang bersih pelat arah memendek.

L_y = Bentang bersih pelat arah memanjang.

□ *Beban equivalen pelat atap.*



Gambar 4.1. Pola beban equivalen pada pelat atap.

Beban mati pelat atap (q_{DL}) = 378 kg/m²

Beban hidup pelat atap (q_{LL}) = 120 kg/m²

Ada 3 (tiga) macam $q_{equivalen}$ pada pelat atap, yaitu :

$$1) \quad L_y = 360 - (30/2 + 30/2) = 330 \text{ cm}$$

$$L_x = 150 - (20/2 + 20/2) = 130 \text{ cm}$$

Beban mati :

$$q_{eq,D,sl} = \frac{1}{3} * 378 * 1,30 = 163,8 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.D.t1} = \frac{1}{2} * 378 * 1,30 * \left(1 - \frac{1}{3}(1,30/3,30)^2\right) = 233,0 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$- q_{eq.L.s1} = \frac{1}{3} * 120 * 1,30 = 52 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.L.t1} = \frac{1}{2} * 120 * 1,30 * \left(1 - \frac{1}{3}(1,30/3,30)^2\right) = 73,93 \text{ kg/m}$$

$$2) L_y = 700 - (25/2 + 25/2) = 675 \text{ cm}$$

$$L_x = 360 - (30/2 + 30/2) = 330 \text{ cm}$$

Beban mati :

$$- q_{eq.D.s2} = \frac{1}{3} * 378 * 3,30 = 415,8 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.D.t2} = \frac{1}{2} * 378 * 3,30 * \left(1 - \frac{1}{3}(3,30/6,75)^2\right) = 574,74 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$- q_{eq.L.s2} = \frac{1}{3} * 120 * 3,30 = 132 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.L.t2} = \frac{1}{2} * 120 * 3,30 * \left(1 - \frac{1}{3}(3,30/6,75)^2\right) = 182,45 \text{ kg/m}$$

$$3) L_x = 300 - (25/2 + 25/2) = 275 \text{ cm}$$

$$L_y = 360 - (30/2 + 30/2) = 330 \text{ cm}$$

Beban mati :

$$- q_{eq.D.s3} = \frac{1}{3} * 378 * 2,75 = 352,8 \text{ kg/m}$$

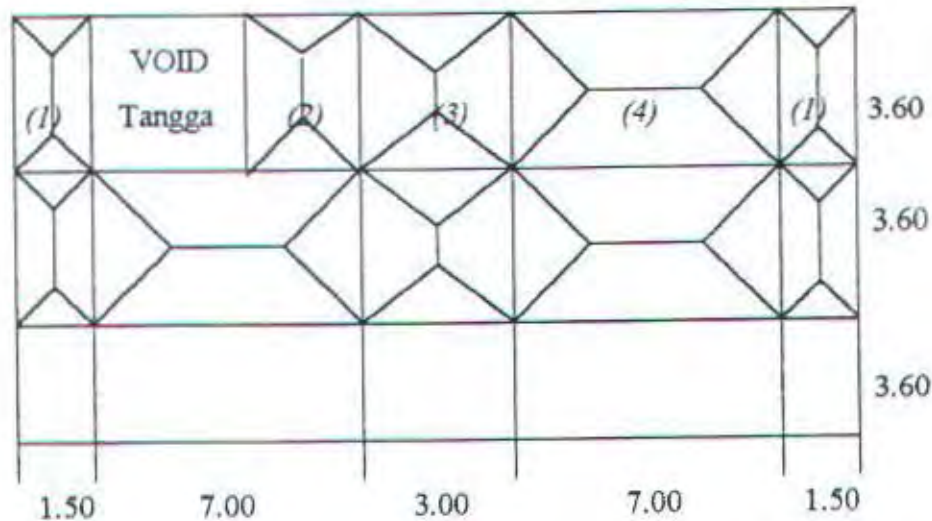
$$- q_{eq.D.t3} = \frac{1}{2} * 378 * 2,75 * \left(1 - \frac{1}{3}(2,75/3,30)^2\right) = 402,30 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$- q_{eq.L.s3} = \frac{1}{3} * 120 * 2,75 = 112 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.L.t3} = \frac{1}{2} * 120 * 2,75 * \left(1 - \frac{1}{3}(2,75/3,30)^2\right) = 127,68 \text{ kg/m}$$

- *Beban ekuivalen pelat lantai.*



Gambar 4.2. Pola beban ekuivalen pada pelat lantai.

$$\text{Beban mati pelat lantai (} q_{DL} \text{)} = 447 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban hidup pelat lantai (} q_{LL} \text{)} = 250 \text{ kg/m}^2$$

Ada 4 (empat) macam $q_{\text{equivalen}}$ pada pelat lantai, yaitu :

$$1) \quad L_y = 360 - (35/2 + 35/2) = 325 \text{ cm}$$

$$L_x = 150 - (20/2 + 20/2) = 130 \text{ cm}$$

Beban mati :

$$- \quad q_{eq.D.sl} = \frac{1}{3} * 447 * 1,30 = 193,7 \text{ kg/m}$$

$$- \quad q_{eq.D.tl} = \frac{1}{2} * 447 * 1,30 * \left(1 - \frac{1}{3} (1,30/3,25)^2 \right) = 275,10 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$- \quad q_{eq.L.sl} = \frac{1}{3} * 250 * 1,30 = 108,33 \text{ kg/m}$$

$$- \quad q_{eq.L.tl} = \frac{1}{2} * 250 * 1,30 * \left(1 - \frac{1}{3} (1,30/3,25)^2 \right) = 153,83 \text{ kg/m}$$

$$2) Lx = 200 - (25/2 + 25/2) = 175 \text{ cm}$$

$$Lx = 360 - (35/2 + 35/2) = 325 \text{ cm}$$

Beban mati :

$$- q_{eq.D.s2} = \frac{1}{3} * 447 * 1,75 = 268,20 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.D.t2} = \frac{1}{2} * 447 * 1,75 * \left(1 - \frac{1}{3}(1,75/3,25)^2\right) = 361,20 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$- q_{eq.L.s2} = \frac{1}{3} * 250 * 1,75 = 150,0 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.L.t2} = \frac{1}{2} * 250 * 1,75 * \left(1 - \frac{1}{3}(1,75/3,25)^2\right) = 202,0 \text{ kg/m}$$

$$3) Lx = 300 - (25/2 + 25/2) = 275 \text{ cm}$$

$$Ly = 360 - (35/2 + 35/2) = 325 \text{ cm}$$

Beban mati :

$$- q_{eq.D.s3} = \frac{1}{3} * 447 * 2,75 = 417,20 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.D.t3} = \frac{1}{2} * 447 * 2,75 * \left(1 - \frac{1}{3}(2,75/3,25)^2\right) = 470,97 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$- q_{eq.L.s3} = \frac{1}{3} * 250 * 2,75 = 233,33 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.L.t3} = \frac{1}{2} * 250 * 2,75 * \left(1 - \frac{1}{3}(2,75/3,25)^2\right) = 263,4 \text{ kg/m}$$

$$4) Lx = 700 - (25/2 + 25/2) = 675 \text{ cm}$$

$$Ly = 360 - (35/2 + 35/2) = 325 \text{ cm}$$

Beban mati :

$$- q_{eq.D.s4} = \frac{1}{3} * 447 * 3,25 = 484,25 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.D.t4} = \frac{1}{2} * 447 * 3,25 * \left(1 - \frac{1}{3}(3,25/6,75)^2\right) = 671,07 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

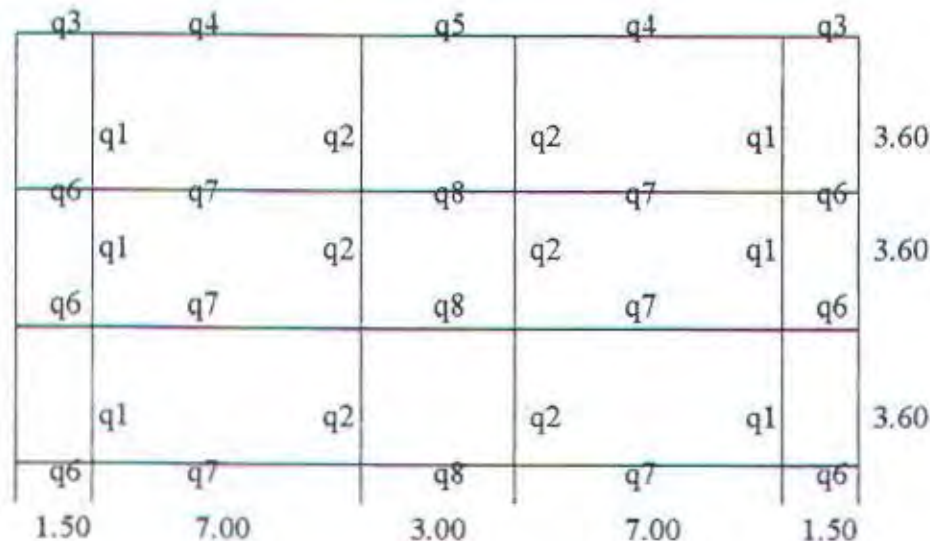
$$- q_{eq.L.s1} = \frac{1}{3} * 250 * 3,25 = 270,83 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.L.s2} = \frac{1}{2} * 250 * 3,25 * \left(1 - \frac{1}{3}(3,25/6,75)^2\right) = 375,32 \text{ kg/m}$$

B. Beban Grafitasi Pada Balok.

□ Balok Lantai 6 (Atap)

a) Beban terbagi merata :



Gambar 4.3. Beban terbagi merata pada balok pelat atap.

q1 ; Beban mati :

$$- \text{Berat sendiri balok} = 0,25 * 0,40 * 2400 = 240,0 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.D.t1} + q_{eq.D.s2} = 233 + 415,8 = 648,8 \text{ kg/m}$$

$$q_{D1} = 888,8 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$- q_{L1} = q_{eq.L.t1} + q_{eq.L.s2} = 73,9 + 132 = 205,9 \text{ kg/m}$$

q2 ; Beban mati :

$$- \text{Berat sendiri balok} = 0,25 * 0,40 * 2400 = 240,0 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad q_{eq,D.13} + q_{eq,D.s2} &= 402,2 + 415,8 &= \underline{818,0 \text{ kg/m}} \\
 qD2 &= 1058,0 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup :

$$- \quad q_{L2} = q_{eq,L.13} + q_{eq,L.s2} = 127,7 + 132 = 259,7 \text{ kg/m}$$

q3 ; Beban mati :

$$\begin{aligned}
 - \quad \text{Berat sendiri balok} &= 0,30 \times 0,50 \times 2400 &= 360,0 \text{ kg/m} \\
 - \quad q_{eq,D.s1} &&= \underline{163,8 \text{ kg/m}} \\
 qD3 &= 523,8 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup :

$$- \quad q_{L3} = q_{eq,L.s1} = 52,0 \text{ kg/m}$$

q4 ; Beban mati :

$$\begin{aligned}
 - \quad \text{Berat sendiri balok} &= 0,25 \times 0,40 \times 2400 &= 240,0 \text{ kg/m} \\
 - \quad q_{eq,D.t2} &&= \underline{574,7 \text{ kg/m}} \\
 qD4 &= 814,7 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup :

$$- \quad q_{L4} = q_{eq,L.t2} = 182,5 \text{ kg/m}$$

q5 ; Beban mati :

$$\begin{aligned}
 - \quad \text{Berat sendiri balok} &= 0,25 \times 0,40 \times 2400 &= 240,0 \text{ kg/m} \\
 - \quad q_{eq,D.s3} &&= \underline{352,8 \text{ kg/m}} \\
 qD5 &= 592,8 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup :

$$- \quad q_{L5} = q_{eq,L.s3} = 112,0 \text{ kg/m}$$

q6 ; Beban mati :

$$\begin{aligned}
 - \quad \text{Berat sendiri balok} &= 0,30 \times 0,50 \times 2400 &= 360,0 \text{ kg/m} \\
 - \quad q_{eq,D.s1} \times 2 &= 163,8 \times 2 &= \underline{327,6 \text{ kg/m}} \\
 qD6 &= 687,6 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup :

$$- \quad q_{L6} = q_{eq,L.s1} \times 2 = 52,0 \times 2 = 104,0 \text{ kg/m}$$

q7 ; Beban mati :

$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat sendiri balok} &= 0,25 \times 0,40 \times 2400 = 240,0 \text{ kg/m} \\
 - q_{eq.D.t2} \times 2 &= 574,7 \times 2 = \underline{1149,4 \text{ kg/m}} \\
 qD7 &= 1509,4 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup :

$$- qL7 = q_{eq.L.t2} \times 2 = 182,45 \times 2 = 364,9 \text{ kg/m}$$

q8 ; Beban mati :

$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat sendiri balok} &= 0,25 \times 0,40 \times 2400 = 240,0 \text{ kg/m} \\
 - q_{eq.D.s3} \times 2 &= 352,8 \times 2 = \underline{705,6 \text{ kg/m}} \\
 qD8 &= 1065,6 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup :

$$- qL8 = q_{eq.L.s3} \times 2 = 112 \times 2 = 224,0 \text{ kg/m}$$

b) Beban Terpusat :

P1 ; Beban mati :

$$\begin{aligned}
 - \text{ Balok anak} &= 0,5 \times 0,2 \times 0,3 \times 2400 \times 3,60 = 259,2 \text{ kg} \\
 - 0,5 \times q_{eq.D.t1} &= 0,50 \times 233 \times 3,60 = 419,4 \text{ kg} \\
 - \text{ L.P. beton} &= 0,5 \times 0,08 \times 0,3 \times 3,6 \times 2400 = \underline{103,7 \text{ kg}} \\
 PD1 &= 782,3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban hidup (PL1) :

$$- 0,5 \times q_{eq.L.t1} = 0,50 \times 73,93 \times 3,60 = 133,2 \text{ kg}$$

P2 ; Beban mati :

$$\begin{aligned}
 - \text{ Balok anak} &= 0,2 \times 0,3 \times 2400 \times 3,60 = 518,4 \text{ kg} \\
 - q_{eq.D.t1} &= 233 \times 3,60 = 838,8 \text{ kg} \\
 - \text{ L.P. beton} &= 0,08 \times 0,3 \times 3,6 \times 2400 = \underline{207,4 \text{ kg}} \\
 PD2 &= 1564,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

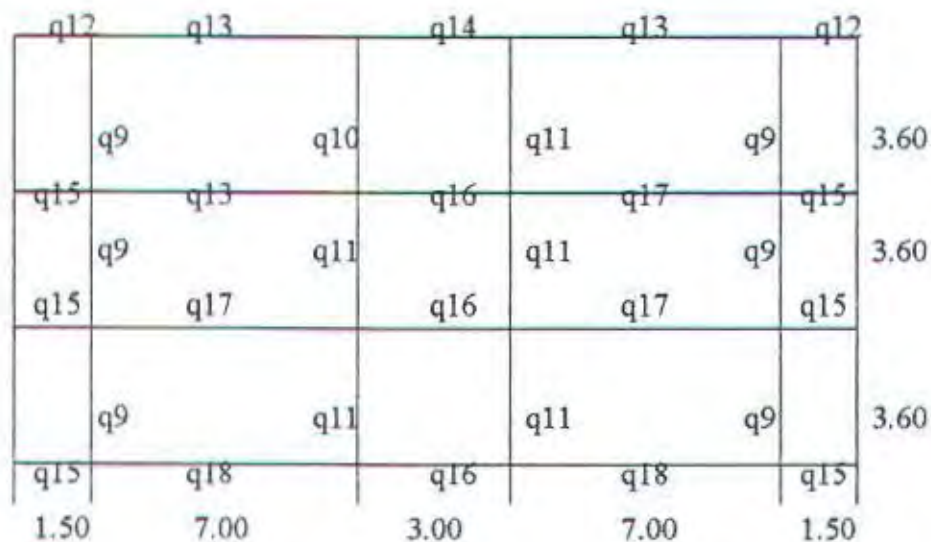


Beban hidup (PL2) :

$$- q_{eqL.t1} = 73,93 * 3,60 = 266,3 \text{ kg}$$

□ Balok Lantai 1 sampai dengan Lantai 5

a) Beban terbagi merata :



Gambar 4.4. Beban terbagi merata pada balok pelat lantai 1 s/d 5.

q_9 ; Beban mati :

$$\begin{aligned}
 - \text{Berat sendiri balok} &= 0,25 * 0,40 * 2400 = 240,0 \text{ kg/m} \\
 - \text{Berat dinding} &= 3,50 * 250 = 875,0 \text{ kg/m} \\
 - q_{eqD.t1} + q_{eqD.s4} &= 275,1 + 484,3 = 759,4 \text{ kg/m} \\
 q_{D9} &= 1874,4 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup :

$$- q_{L9} = q_{eqL.t1} + q_{eqL.s4} = 153,8 + 270,8 = 424,6 \text{ kg/m}$$

q_{10} ; Beban mati :

$$\begin{aligned}
 - \text{Berat sendiri balok} &= 0,25 * 0,40 * 2400 = 240,0 \text{ kg/m} \\
 - q_{eqD.t2} + q_{eqD.t3} &= 361,2 + 471,0 = 832,2 \text{ kg/m} \\
 q_{D10} &= 1072,2 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup :

$$- q_{L10} = q_{eq.L12} + q_{eq.L13} = 202,0 + 263,4 = 465,4 \text{ kg/m}$$

q11 ; Beban mati :

$$- \text{Berat sendiri balok} = 0,25 * 0,40 * 2400 = 240,0 \text{ kg/m}$$

$$- \text{Berat dinding} = 3,50 * 250 = 875,0 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.D.s4} + q_{eq.D.13} = 484,3 + 471,0 = \underline{955,3 \text{ kg/m}}$$

$$q_{D11} = 2070,3 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$- q_{L11} = q_{eq.L.s4} + q_{eq.D.13} = 270,8 + 263,4 = 534,2 \text{ kg/m}$$

q12 ; Beban mati :

$$- \text{Berat sendiri balok} = 0,35 * 0,60 * 2400 = 504,0 \text{ kg/m}$$

$$- \text{Berat dinding} = 1,00 * 250 = 250,0 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.D.s1} = \underline{193,7 \text{ kg/m}}$$

$$q_{D12} = 947,7 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$- q_{L12} = q_{eq.L.s1} = 108,3 \text{ kg/m}$$

q13 ; Beban mati :

$$- \text{Berat sendiri balok} = 0,35 * 0,60 * 2400 = 504,0 \text{ kg/m}$$

$$- \text{Berat dinding} = 3,50 * 250 = 875,0 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.D.12} = \underline{671,1 \text{ kg/m}}$$

$$q_{D13} = 2050,1 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$- q_{L13} = q_{eq.L.12} = 375,3 \text{ kg/m}$$

q14 ; Beban mati :

$$- \text{Berat sendiri balok} = 0,35 * 0,60 * 2400 = 504,0 \text{ kg/m}$$

$$- \text{Berat dinding} = 3,50 * 250 = 875,0 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.D.s3} = \underline{417,2 \text{ kg/m}}$$

$$q_{D14} = 1796,2 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$- q_{L14} = q_{eq.L.s3} = 233,3 \text{ kg/m}$$

q15 ; Beban mati :

$$- \text{Berat sendiri balok} = 0,35 * 0,60 * 2400 = 504,0 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.D.s1} * 2 = 193,7 * 2 = \underline{387,4 \text{ kg/m}}$$

$$q_{D15} = 891,4 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$- q_{L15} = q_{eq.L.s1} * 2 = 108,33 * 2 = 216,7 \text{ kg/m}$$

q16 ; Beban mati :

$$- \text{Berat sendiri balok} = 0,35 * 0,60 * 2400 = 504,0 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.D.s3} * 2 = 417,2 * 2 = \underline{834,4 \text{ kg/m}}$$

$$q_{D16} = 1338,4 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$- q_{L16} = q_{eq.L.s3} * 2 = 233,3 * 2 = 466,6 \text{ kg/m}$$

q17 ; Beban mati :

$$- \text{Berat sendiri balok} = 0,35 * 0,60 * 2400 = 504,0 \text{ kg/m}$$

$$- \text{Berat dinding} = 3,50 * 250 = 875,0 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.D.t4} * 2 = 671,1 * 2 = \underline{1342,2 \text{ kg/m}}$$

$$q_{D17} = 2721,2 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$- q_{L17} = q_{eq.L.t4} * 2 = 375,3 * 2 = 750,6 \text{ kg/m}$$

q18 ; Beban mati :

$$- \text{Berat sendiri balok} = 0,25 * 0,40 * 2400 = 240,0 \text{ kg/m}$$

$$- q_{eq.D.s4} + q_{eq.D.t3} = 484,3 + 471,0 = \underline{955,3 \text{ kg/m}}$$

$$q_{D18} = 1195,3 \text{ kg/m}$$

Beban hidup :

$$- q_{L18} = q_{eq.L.s4} + q_{eq.D.t3} = 270,8 + 263,4 = 534,2 \text{ kg/m}$$

b) Beban Terpusat :

P3 ; Beban mati :

$$- \text{Balok anak} = 0,5 * 0,2 * 0,3 * 2400 * 3,60 = 259,2 \text{ kg}$$

$$- 0,5 * q_{eq.D.t1} = 0,50 * 275,1 * 3,60 = 495,2 \text{ kg}$$

$$- \text{Berat dinding} = 0,50 * 1,0 * 250 * 3,60 = 450,0 \text{ kg}$$

$$- \text{L.P. beton} = 0,5 * 0,08 * 0,3 * 3,6 * 2400 = 103,7 \text{ kg}$$

$$\text{PD3} = 1308,1 \text{ kg}$$

Beban hidup (PL3) :

$$- \text{PL3} = 0,5 * q_{eq.L.t1} = 0,50 * 153,83 * 3,60 = 277,0 \text{ kg}$$

P4 ; Beban mati :

$$- \text{Balok anak} = 0,2 * 0,3 * 2400 * 3,60 = 518,4 \text{ kg}$$

$$- q_{eq.D.t1} = 275,1 * 3,60 = 990,4 \text{ kg}$$

$$- \text{Berat dinding} = 1,0 * 250 * 3,60 = 900,0 \text{ kg}$$

$$- \text{L.P. beton} = 0,08 * 0,3 * 3,6 * 2400 = 207,4 \text{ kg}$$

$$\text{PD4} = 2616,2 \text{ kg}$$

Beban hidup (PL3) :

$$- \text{PL4} = q_{eq.L.t1} = 153,83 * 3,60 = 553,8 \text{ kg}$$

4.3.2. Perhitungan Gaya Geser Dasar Horizontal Akibat Gempa

A. Berat Bangunan Total (Wt).

1) Berat Lantai 6 (atap) :

Beban Mati :

$$- \text{Beban pelat} = 39,6 * 20 * 378 = 299.376 \text{ kg}$$

$$- \text{Balok ; } (12 * 20) * 0,30 * 0,38 * 2400 = 65.664,0 \text{ kg}$$

$$(39,6 * 4) * 0,25 * 0,28 * 2400 = 26.611,2 \text{ kg}$$

$$(39,6 * 2) * 0,20 * 0,18 * 2400 = 6.842,9 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 & (39,6 * 2) * 0,08 * 0,30 * 2400 = 4.561,9 \text{ kg} \\
 - \text{ Kolom} & = 48 * 2 * 0,5 * 0,5 * 2400 = 57.600,0 \text{ kg} \\
 - \text{ Dinding} & = 216,2 * 2 * 250 = 108.100,0 \text{ kg} \\
 & \hline
 W_{D6} & = 568.756,0 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup :

$$\begin{aligned}
 - \text{ Beban pelat atap} & = 120,0 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{ Koefisien reduksi} & = 0,3 \text{ (untuk peninjauan gempa)} \\
 W_{L6} & = 0,3 * 39,6 * 20 * 120 = 28.512,0 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_6 & = 568.756,00 + 28.512,00 \\
 & = 597.268,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2) Berat Lantai 2 sampai dengan Lantai 5 :

Beban Mati :

$$\begin{aligned}
 - \text{ Beban pelat} & = 39,6 * 20 * 447 = 354.024,0 \text{ kg} \\
 - \text{ Balok} & ; \quad (12 * 20) * 0,35 * 0,48 * 2400 = 96.768,0 \text{ kg} \\
 & \quad (39,6 * 4) * 0,25 * 0,28 * 2400 = 26.611,2 \text{ kg} \\
 & \quad (39,6 * 2) * 0,20 * 0,18 * 2400 = 6.842,9 \text{ kg} \\
 & \quad (39,6 * 2) * 0,08 * 0,30 * 2400 = 4.561,9 \text{ kg} \\
 - \text{ Kolom} & = 48 * 4 * 0,5 * 0,5 * 2400 = 115.200,0 \text{ kg} \\
 - \text{ Dinding} & = 216,2 * 4 * 250 = 216.200,0 \text{ kg} \\
 & \hline
 W_D & = 820.208,0 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup :

$$\begin{aligned}
 - \text{ Beban pelat atap} & = 250,0 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{ Koefisien reduksi} & = 0,3 \text{ (untuk peninjauan gempa)} \\
 W_L & = 0,3 * 39,6 * 20 * 250 = 59.400,0 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W & = 820.208,00 + 59.400,00 \\
 & = 879.608,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3) Berat Lantai 1 :

Beban Mati :

- Beban pelat = $39,6 * 20 * 447$ = 354.024,0 kg
- Balok ; $(12 * 20) * 0,35 * 0,48 * 2400$ = 96.768,0 kg
- $(39,6 * 4) * 0,25 * 0,28 * 2400$ = 26.611,2 kg
- $(39,6 * 2) * 0,20 * 0,18 * 2400$ = 6.842,9 kg
- $(39,6 * 2) * 0,08 * 0,30 * 2400$ = 4.561,9 kg
- Kolom = $48 * 4,75 * 0,5 * 0,5 * 2400$ = 136.800,0 kg
- Dinding = $216,2 * 4,75 * 250$ = 256.737,5 kg

$$W_{D1} = 882.345,5 \text{ kg}$$

Beban Hidup :

- Beban pelat atap = $250,0 \text{ kg/m}^2$
- Koefisien reduksi = 0,3 (untuk peninjauan gempa)
- $W_{L1} = 0,3 * 39,6 * 20 * 250$ = 59.400,0 kg

$$W1 = 882.345,50 + 59.400,00$$

$$= 941.745,50 \text{ kg}$$

Berat Total Bangunan (Wt) :

$$Wt = W1 + W2 + W3 + W4 + W5 + W6$$

$$= 941.745,50 + 4 * 879.608,00 + 597.268,00$$

$$= 5.057.445,5 \text{ kg}$$

B. Waktu Getar Bangunan (T).

Dengan rumus empiris (PPTIGIUG '83 psl. 3.4.5), waktu getar bangunan dapat diturunkan sebagai berikut :

$$T_x = T_y = 0,06 * H^{3/4}$$

dimana :

$T_{x,y}$ = Waktu getar bangunan arah X dan arah Y

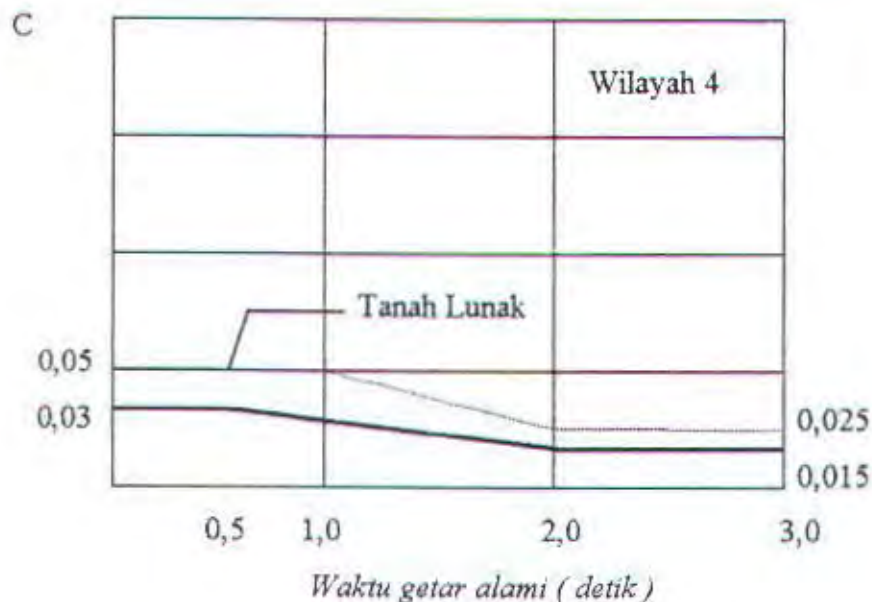
H = Tinggi total bangunan

$$= 5,50 + 5 * 4,00 = 25,50 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 T_x = T_y &= 0,06 * (25,50)^{3/4} \\
 &= 0,681 \text{ detik.}
 \end{aligned}$$

C. Koefisien Gempa Dasar (C) :

Koefisien gempa dasar berfungsi untuk menjamin agar struktur mampu memikul beban gempa yang dapat menyebabkan kerusakan besar pada struktur. Koefisien C bergantung pada frekuensi terjadinya gerakan tanah yang bersifat sangat merusak, yang berbeda-beda pada tiap wilayah gempa, waktu getar alami struktur dan kondisi tanah setempat. Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung 1983 menentukan besarnya nilai koefisien gempa dasar berdasarkan Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Diagram koefisien gempa dasar.

Dengan data-data :

- Lokasi kota Surabaya pada wilayah 4
- Waktu getar bangunan 0,681 detik
- Struktur terletak di atas tanah lunak

Maka nilai koefisien gempa dasar (C) didapat :

$$C = 0,05$$

D. Faktor Keutamaan (I) dan Faktor Jenis Struktur (K) :

Tingkat kepentingan suatu struktur terhadap bahaya gempa dapat berbeda-beda bergantung pada fungsinya. Oleh karena itu semakin penting struktur tersebut semakin besar perlindungan yang harus diberikan. Faktor keutamaan (I) dipakai untuk memperbesar beban gempa rencana agar struktur mampu memikul beban gempa dengan periode ulang yang lebih panjang atau dengan kata lain dengan tingkat kerusakan yang lebih kecil.

PPTGIUG '83 menetapkan bahwa faktor keutamaan untuk gedung perkantoran sebesar 1,0 (I = 1,0).

Faktor jenis struktur (K) dimaksudkan agar struktur mempunyai kekuatan lateral yang cukup untuk menjamin bahwa daktilitas yang dituntut tidak lebih besar dari daktilitas yang tersedia pada saat terjadi gempa.

Faktor K sangat bergantung pada jenis struktur dan bahan konstruksi yang dipakai. Struktur yang mempunyai daktilitas yang cukup dan mampu memencarkan energi gempa pada sejumlah besar elemen-elemennya memerlukan faktor K yang rendah. Sedangkan struktur yang mempunyai mekanisme pemencaran energi yang sedikit memerlukan faktor K yang lebih tinggi agar struktur mempunyai ketahanan yang cukup selama terjadi gempa kuat.

Karena pada tugas akhir ini gedung Kantor PT. PLN Jawa Bali II Tahap II Surabaya direncanakan dengan daktilitas penuh (daktilitas tingkat tiga) maka faktor jenis struktur K dapat diambil sebesar 1,0 (K = 1,0).

E. Gaya Geser Horisontal Total Akibat Beban Gempa (V) .

Besarnya beban gempa rencana menurut Pedoman Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1983 dapat dinyatakan dalam :

$$V = C * I * K * W_t$$

dengan :

V = Gaya geser dasar horisontal total akibat gempa

C = Koefisien gempa dasar (0,05)

I = Faktor keutamaan (1,0)

K = Faktor jenis struktur (1,0)

W_t = Berat total bangunan (5.057.445,50 kg)

$$V_x = V_y = 0,05 * 1,0 * 1,0 * 5.057.445,50 \\ = 252.872,275 \text{ kg,}$$

F. Distribusi Gaya Geser Horizontal Total Akibat Gempa ke Sepanjang Tinggi Gedung.

a. Arah x.

$$\frac{H}{A} = \frac{25,5}{17} = 1,50 < 3$$

$$F_{ix} = \frac{W_i \times H_i \times V_x}{\sum W_i \times H_i}$$

b. Arah y.

$$\frac{H}{B} = \frac{25,5}{39,6} = 0,644 < 3$$

$$F_{iy} = \frac{W_i \times H_i \times V_y}{\sum W_i \times H_i}$$

Dimana :

- H = Tinggi total bangunan
- Fi = Gaya geser horizontal akibat gempa pada lantai ke-i
- Hi = Tinggi Lantai ke-i terhadap lantai dasar.
- V_{x,y} = Gaya geser horizontal total akibat gempa untuk arah x dan y
- A.B = Panjang sisi bangunan arah x dan y

Tabel 4.1 Distribusi gaya geser dasar horizontal total akibat gempa ke sepanjang tinggi gedung dalam arah X dan Y untuk tiap portal.

| Tingkat | H/ (m) | Wi (kg) | Wi*Hi (kgm) | Fix,y total (kg) | Untuk tiap portal | |
|---------|-------------|--------------|------------------|-----------------------|-------------------|----------------|
| | | | | | 1/12*Fix (kg) | 1/4*Fiy (kg) |
| 6 | 25.50 | 597268.00 | 15230334.00 | 51388.31 | 4282.36 | 12847.08 |
| 5 | 21.50 | 879608.00 | 18911572.00 | 63809.09 | 5317.42 | 15952.27 |
| 4 | 17.50 | 879608.00 | 15393140.00 | 51937.63 | 4328.14 | 12984.41 |
| 3 | 13.50 | 879608.00 | 11874708.00 | 40066.17 | 3338.85 | 10016.54 |
| 2 | 9.50 | 879608.00 | 8356276.00 | 28194.71 | 2349.56 | 7048.68 |
| 1 | 5.50 | 941745.50 | 5179600.25 | 17476.37 | 1456.36 | 4369.09 |
| TOTAL | | | 74945630.25 | 252872.28 | 21072.69 | 63218.07 |

4.4. INPUT DATA SAP 90

Pada bagian ini akan dijelaskan secara singkat mengenai input data struktur utama yang dibuat berdasarkan buku petunjuk (manual) dan contoh-contoh penggunaan program yang berhubungan dengan analisa struktur. Dalam memasukkan input untuk menganalisa struktur, penulis menggunakan program SAP 90 yaitu sebuah program bantu untuk menganalisa struktur rangka dengan system 3 dimensi.

Dalam menginput data ke program SAP 90 kita menggunakan blok-blok data yang ada pada program SAP 90. Blok data dalam program SAP 90 adalah suatu blok data yang berfungsi untuk mendefinisikan penganalisan suatu masalah tertentu. Misalnya SAP 90 akan mengerti bahwa kita mendefinisikan titik-titik yang ada dalam suatu struktur setelah kita menuliskan Blok data JOINT. lalu kita definisikan lagi kedudukan joint-joint tersebut dengan parameter-parameter X, Y, dan Z. Blok data akan selalu diikuti oleh parameter-parameter yang meminta kita untuk mejabarkan kondisi dan keadaan suatu struktur dalam bentuk data-data yang dimengerti oleh bahasa SAP90.

Adapun langkah-langkah input data dan blok-blok data yang akan digunakan pada perencanaan tugas akhir ini pada program SAP 90 dengan system 3 dimensi adalah sebagai berikut :

THE TITLE LINE

The Title Line atau baris judul terdiri atas 70 karakter dalam satu baris, yang dipergunakan sebagai label output dari hasil program. The Title Line akan selalu dicetak pada setiap halaman dari output file yang dihasilkan program SAP 90. Baris judul ini harus selalu diletakkan pada baris pertama dari struktur data SAP 90. Blok data ini hanya terdiri dari satu baris kalimat dengan tanpa separator, misalnya ;

ANALISA PORTAL UTAMA TIGA DIMENSI (KG-M) OLEH : HERWAN W.

BLOK DATA "SYSTEM"

Blok data system berfungsi sebagai informasi pengontrol dari struktur yang akan dianalisa. Informasi pengontrol diletakkan dibawah separator. Blok data ini sifatnya harus ada dan mengambil bentuk sebagai berikut :

SYSTEM

1=nl

nid = jumlah kondisi pembebanan: adalah suatu parameter yang berfungsi untuk menginformasikan kepada SAP 90 jumlah pengklasifikasi / pembagian pembebanan pada struktur.

BLOK DATA "JOINTS"

Blok data ini berfungsi mendefinisikan kedudukan join-join dari struktur sesuai dengan koordinatnya. Untuk mendefinisikan kedudukan join yang mewakili bentuk struktur, data join dapat dipersiapkan sebanyak mungkin dalam banyak baris. Blok data ini sifatnya harus ada dan mengambil bentuk sebagai berikut :

JOINTS

X=x Y=y Z=z G=g1,g2,I

Dimana :

x = Ordinat dari join pada sumbu global X

y = Ordinat dari join pada sumbu global Y

z = Ordinat dari join pada sumbu global Z

g1 = Generation liner dari join 1

g2 = Generation liner dari join 2

I = Increment dari nomor join (kenaikan nomor join).

BLOK DATA "RESTRAINTS"

Setiap join dari suatu model struktur memiliki enam komponen perpindahan, tiga pergeseran global X, Y, dan Z, dan tiga lagi perputaran global RX, RY dan RZ. Keenam komponen perpindahan ini dikenal sebagai *degrees of freedom* (derajat kebebasan) dari suatu join. Data Restraint dari suatu join terdiri dari enam buah konstanta, masing-masing konstanta merepresentasikan keenam derajat kebebasan dari join. Konstanta tersebut dapat memiliki nilai 0 atau 1. Jika perpindahan dari suatu join dari keenam derajat bebasnya diketahui = 0 atau jika derajat bebas dari suatu join diketahui tidak memiliki kekakuan maka konstanta Restraint-nya harus ditentukan = 1. Derajat kebebasan yang memiliki konstanta Restraint = 1 dikenal sebagai derajat bebas tidak aktif atau nol. Sebaliknya derajat kebebasan yang memiliki konstanta Restraint = 0 dikenal sebagai derajat kebebasan aktif. Blok data ini dipersiapkan sebagai berikut :

RESTRAINTS

j1 j2 inc R=r1,r2,r3,r4,r5,r6

dimana :

- j1 = Nomor join awal
- j2 = Nomor join akhir
- inc = Kenaikan nomor join
- r1 = Konstanta Restraint pergeseran arah sumbu X
- r2 = Konstanta Restraint pergeseran arah sumbu Y
- r3 = Konstanta Restraint pergeseran arah sumbu Z
- r4 = Konstanta Restraint perputaran arah sumbu X
- r5 = Konstanta Restraint perputaran arah sumbu Y
- r6 = Konstanta Restraint perputaran arah sumbu Z

BLOK DATA "FRAME"

Blok data ini mendefinisikan sifat-sifat elemen struktur, lokasi serta pembebanannya dalam model frame tiga dimensi. Baris data untuk informasi pengontrol frame disiapkan dalam bentuk :

FRAME

NM=npro NL=nbsl

Dimana :

- npro = Jumlah jenis elemen
- nbsl = Jumlah jenis beban yang bekerja pada elemen

Data sifat material dan penampang elemen dipersiapkan sesuai dengan jumlah material yang bekerja (sejumlah npro) mengikuti bentuk berikut ini :

np E=e SH=r T=b,h

Dimana :

- np = Nomor identifikasi material
- e = Modulus elastisitas
- r = Identifikasi bentuk material (R : empat persegi)
- b = Ukuran dimensi elemen untuk lebar
- h = Ukuran dimensi elemen untuk tinggi

Data beban pada elemen dipersiapkan sesuai dengan jumlah jenis beban yang bekerja (sejumlah $nbsl$) mengikuti bentuk :

$$WG=wx,wy,wz$$

Dimana :

wx = Beban merata yang diproyeksikan pada sistem koordinat global arah sumbu X

wy = Beban merata yang diproyeksikan pada sistem koordinat global arah sumbu Y

wz = Beban merata yang diproyeksikan pada sistem koordinat global arah sumbu Z

Data lokasi elemen farme ini diakhiri oleh suatu baris kosong dan dipersiapkan sebagai berikut :

$$nel \quad ji \quad jj \quad M=m \quad LP=n1,n2 \quad NSL=I1,I2, \dots Inld \quad G=g1,g2,g3,g4$$

Dimana :

nel = Nomor identifikasi elemen

ji = Nomor join pada ujung elemen i

jj = Nomor join pada ujung elemen j

m = Nomor jenis material

$n1,n2$ = Nomor join untuk menentukan arah sumbu lokal 3

$I1 \text{ s/d } Inld$ = Tipe beban elemen untuk kondisi pembebanan $I1$ sampai dengan $Inld$

$g1$ = Jumlah elemen yang akan digenerasi

$g2$ = Pertambahan nomor join ujung i

$g3$ = Pertambahan nomor join ujung j

$g4$ = Pertambahan nomor elemen yang digenerasi

BLOK DATA "LOADS"

Beban terpusat dan momen dapat diberlakukan pada setiap join dalam struktur. Blok data ini mendefinisikan beban join sesuai dengan jumlah kondisi pembebanan (sejumlah nld). Beban tidak dapat diberlakukan pada derajat kebebasan yang dikekang (*restrained degree of freedom*). Data beban ini menyediakan baris data sebanyak yang dibutuhkan untuk mendefinisikan beban terpusat yang bekerja pada join sesuai dengan kondisi pembebanan nld . Blok data loads dipersiapkan dengan format sebagai berikut :

LOADS

$$j1 \quad j2 \quad inc \quad L=I \quad F=fx, fy, fz, mx, my, mz$$

Dimana :

- j1 = Nomor join awal
- j2 = Nomor join akhir
- inc = Pertambahan nomor join
- I = Nomor kondisi pembebanan
- fx = Besar beban yang bekerja pada arah sumbu global X
- fy = Besar beban yang bekerja pada arah sumbu global Y
- fz = Besar beban yang bekerja pada arah sumbu global Z
- mx = Besar momen yang bekerja pada arah sumbu global X
- my = Besar momen yang bekerja pada arah sumbu global Y
- mz = Besar momen yang bekerja pada arah sumbu global Z

BLOK DATA "SHELL"

Blok data ini untuk mengidentifikasikan elemen plat dinding geser pada portal utama. Blok data ini mendefinisikan sifat-sifat elemen struktur, lokasi serta pembebanannya dalam model pelat tiga dimensi. Baris data untuk informasi pengontrol shell disiapkan dalam bentuk :

SHELL

NM=nmat

Data sifat material mengikuti bentuk :

nm E=e W=w

Data lokasi elemen shell dipersiapkan sebagai berikut :

nel JQ=ji, jj, jk, jl G=g1,g2

Dimana :

- nmat = Nomor elemen material
- nm = nomor material
- e = Modulus elastisitas
- w = Berat / volume
- nel = Nomor elemen
- ji,jj,jk,jl = Nomor join elemen
- g1, g2 = Parameter-parameter generasi elemen.

BLOK DATA "COMBO"

Blok data ini digunakan untuk mendefinisikan kombinasi pembebanan yang bekerja pada struktur. Kombinasi pembebanan didefinisikan sebagai kombinasi linier dari kondisi pembebanan nld yang didefinisikan sebelumnya. Jika blok data combo ini tidak didefinisikan, maka keluaran program yang berhubungan dengan kondisi beban nld akan diperoleh tanpa adanya kombinasi. Pada bagian data kombinasi ini setiap satu baris data digunakan untuk mendefinisikan satu kombinasi pembebanan yang diinginkan. Blok data kombinasi ini diakhiri dengan satu baris kosong dan dipersiapkan sebagai berikut :

COMBO

i C=c1, c2, . . . cnld

dimana :

i = Nomor kombinasi pembebanan

c1 = Faktor pengali untuk kondisi pembebanan ke 1

c2 = Faktor pengali untuk kondisi pembebanan ke 2

Untuk penulisan input data SAP 90 sampai dengan versi 5.20 ini tidak atau belum menyediakan fasilitas input data. Sebagai jalan keluarnya kita bisa memanfaatkan fasilitas dari DOS yaitu lewat EDLIN untuk DOS versi 5.0 kebawah atau lewat EDIT untuk DOS versi 5.0 keatas, karena memang program SAP 90 ini dijalankan under DOS.

TUGAS AKHIR

BAB V

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

BAB V

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

5.1. PERSYARATAN UMUM

Penulangan struktur utama gedung Kantor PT. PLN. Jawa Bali II Tahap II Surabaya pada tugas akhir ini direncanakan dengan menggunakan metode Desain Kapasitas atau metode daktilitas tingkat tiga (daktilitas penuh), yaitu struktur beton diproporsikan berdasarkan suatu persyaratan penyelesaian detail khusus yang memungkinkan struktur memberikan respon inelastis terhadap beban siklis gempa yang bekerja dan mampu menjamin pengembangan mekanisme sendi plastis dengan kapasitas disipasi energi yang diperlukan tanpa mengalami keruntuhan.

Karena itu keruntuhan yang terjadi pada balok harus bersifat daktil, yaitu bukan karena akibat keruntuhan geser, tetapi keruntuhan lentur. Hal ini bertujuan untuk memberikan peningkatan sebelum terjadinya keruntuhan, yaitu dengan terjadinya perubahan bentuk pada tulangan lenturnya. Dengan demikian terjadinya mekanisme sendi plastis harus dikendalikan atau dipaksakan agar terjadi di tempat-tempat yang diinginkan (yaitu pada balok), dengan cara meningkatkan unsur-unsur yang berbatasan dengannya (yaitu pada kolom). Pengertian ini mengandung arti yaitu "Strong Column Weak Beam" (Kolom Kuat Balok Lemah).

Dalam perencanaan struktur gedung dengan daktilitas penuh, kolom harus direncanakan lebih kuat dari baloknya, dengan memperhitungkan pengaruh terbentuknya sendi plastis pada ujung balok kiri dan kanan kolom dan pengaruh over strenght balok. Dengan demikian struktur harus mampu melakukan perubahan secara daktil, dengan memencarkan energi gempa dan membatasi gaya gempa yang masuk ke dalam struktur utama. Untuk pemencaran energi itu ditandai dengan terbentuknya sendi-sendi plastis pada tempat-tempat yang lebih direncanakan, yaitu pada balok. Beban rancang lateral dasar yang disebabkan oleh gempa ditetapkan pada PPTGIUG '83 harus diperhitungkan faktor jenis struktur (K) sebesar 1,0.

5.2. PERHITUNGAN PENULANGAN BALOK INDUK

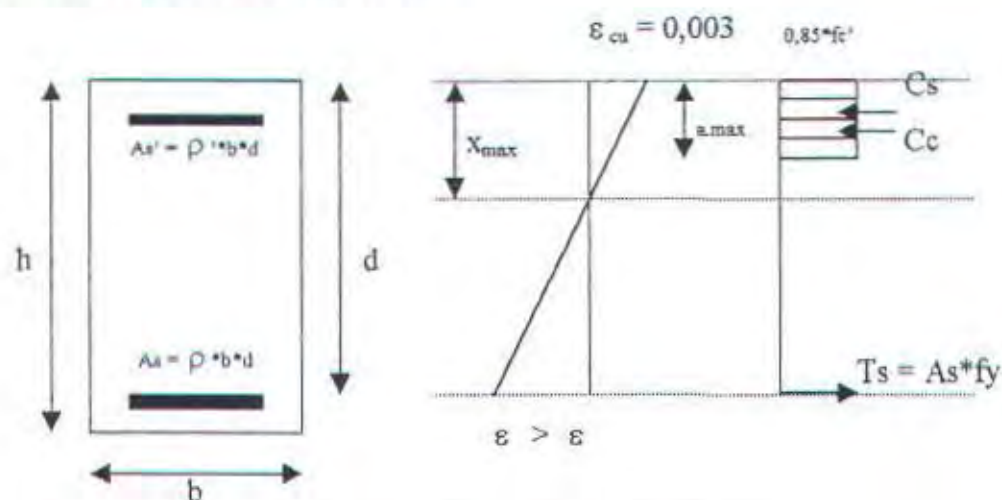
5.2.1 Penulangan Lentur Balok Induk.

Penulangan lentur balok dilakukan berdasarkan atas kekuatan penampang struktur, ukuran, mutu bahan dan pengaturan tulangan telah memberikan kekuatan momen kapasitas yang disediakan oleh penampang. Dalam perencanaan balok induk ini dipakai tulangan rangkap, yaitu penampang persegi dengan tulangan tarik dan tekan. Untuk perhitungan tulangan lentur pada lapangan, pada momen positif balok dianalisa sebagai balok T, sedang jika terjadi momen negatif balok dianalisa sebagai balok persegi biasa. Untuk perhitungan tulangan lentur pada tumpuan baik pada momen positif maupun momen negatif dianalisa sebagai balok persegi.

Pada prinsipnya perhitungan penulangan lentur balok induk hampir sama dengan penulangan lentur pada balok anak, hanya pada penulangan lentur balok induk banyak dijumpai momen yang berbalik arah akibat beban gempa. Sehingga penulangannya berdasarkan masing-masing arah momen yang terjadi dengan kondisi sistem penulangan sebagai berikut :

- Jika $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$, maka tulangan tekan dipasang praktis sebesar 0,5 tulangan tarikannya.
- Jika $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$, maka tulangan tekan dibutuhkan untuk menambah kekuatan yang besarnya minimal 0,5 tulangan tarikannya.

Balok persegi dengan tulangan rangkap :



Gambar 5.1. Penampang persegi dengan tulangan rangkap.

Sebagai contoh perhitungan diambil balok induk pada lantai 1 As-1 BC, dengan data sebagai berikut :

- Dimensi balok : lebar (b) = 300 mm
tinggi (h) = 500 mm
- Selimut beton = 40 mm
- Tulangan lentur = D 16
- Tulangan sengkang = ϕ 10
- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan (f_y) = 400 MPa
- Modulus elastisitas beton (E_s) = 200000 MPa
- $d = 500 - (40 + 16/2) = 452$ mm
- $d' = 40 + 16/2 = 48$ mm

Dari analisa struktur utama dengan menggunakan SAP 90 diperoleh gaya-gaya yang bekerja pada balok sebagai berikut :

□ Tulangan Lentur Pada Tumpuan :

$$Mu^- = 19,94 \text{ Tm} = 199.400.000,00 \text{ Nmm}$$

$$Mu^+ = 4,51 \text{ Tm} = 45.100.000,00 \text{ Nmm}$$

a. Tulangan Tumpuan Negatif.

$$Mu^- = 199.400.000,00 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = \frac{0,75 \times 0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,0244$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y \quad (\text{SKSNI '91 pasal 3.3.5.1})$$

$$= 1,4 / 400 = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,68$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{199400000}{0,80 \times 300 \times 452^2} = 4,067 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 4,067}{400}} \right)$$

$$= 0,01114$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0,01114 \leq \rho_{\text{max}} = 0,0244 \quad \text{Ok !}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,01114 \times 300 \times 452 = 1510,57 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan : 8 D 16 ($A_s = 1608,5 \text{ mm}^2$)

Rasio tulangan tekan :

$$\rho' = \frac{\delta \times M_u}{\phi \times f_y \times (d - d') \times b \times d} = \frac{0,5 \times 199400000}{0,8 \times 400 \times (452 - 48) \times 300 \times 452} = 0,00569$$

$$A_s' = \rho' \times b \times d = 0,00569 \times 300 \times 452$$

$$= 771,2 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan : 4 D16 ($A_s' = 804,25 \text{ mm}^2$)

b. Tulangan Tumpuan Positif,

$$M_u^+ = 4,51 \text{ Tm} = 45.100.000,00 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{45100000}{0,80 \times 300 \times 452^2} = 0,920 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 0,920}{400}} \right)$$

$$= 0,00234$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0035 > \rho_{\text{perlu}} = 0,00234 \leq \rho_{\text{max}} = 0,0244$$

dipakai $\rho_{\text{min}} = 0,0035$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 350 \times 550,5 = 674,36 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan : 4 D 16 ($A_s = 804,25 \text{ mm}^2$)

Rasio tulangan tekan :

$$\rho' = \frac{8 \times M_u}{\phi \times f_y \times (d - d') \times b \times d} = \frac{0,5 \times 45100000}{0,8 \times 400 \times (452 - 48) \times 300 \times 452} = 0,00129$$

$$A_s' = \rho' \times b \times d = 0,00129 \times 300 \times 452$$

$$= 174,43 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan : 2 D16 ($A_s' = 402,13 \text{ mm}^2$)

Dalam hal ini tulangan terpasang diambil berdasarkan harga maksimum dari 2 jenis tulangan tumpuan di atas.

Sehingga diperoleh tulangan lentur :

- Tulangan atas : 8 D 16, $A_s \text{ ada} = 1608,5 \text{ mm}^2$, $\rho_{\text{act.}} = 0,01186$
- Tulangan bawah : 4 D 16, $A_s \text{ ada} = 804,25 \text{ mm}^2$, $\rho_{\text{act.}} = 0,00593$

Cek kondisi tulangan tekan :

$$(\rho - \rho') \left(1 - \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \right) \geq 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c' \times d'}{f_y \times d} \left(\frac{600}{600 - f_y} \right)$$

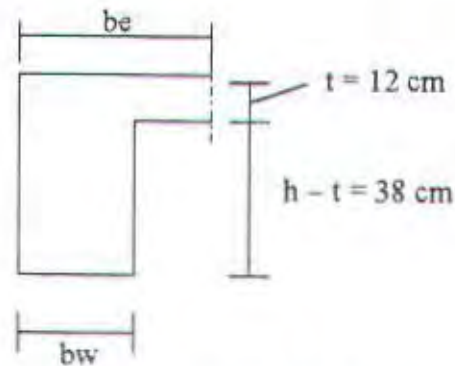
$$(0,01186 - 0,00593) \left(1 - \frac{0,85 \times 30}{400} \right) = 0,00555$$

$$0,85 \times 0,85 \times \frac{30 \times 48}{400 \times 452} \left(\frac{600}{600 - 400} \right) = 0,01726$$

Karena $0,00555 < 0,01726$, maka tulangan tekan tidak leleh, $f_s' \neq f_y$.

□ Tulangan Lentur Pada Lapangan.

Direncanakan dengan penampang balok T sebagai berikut :



Cek kondisi penampang balok (balok T eksterior) :

- $be \leq 1/12 L + bw = 1/12 * 700 + 30 = 88,33 \text{ cm}$
- $be \leq bw + 6*t = 30 + 6*12 = 102 \text{ cm}$
- $be \leq bw + 1/2 * Ln = 30 + 1/2 * 650 = 355 \text{ cm}$

Dipilih yang terkecil, $be = 88,33 \text{ cm}$

$$Mu = 9,47 \text{ Tm} = 947.000.000,00 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{94700000}{0,80 \times 300 \times 452^2} = 1,931 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 1,931}{400}} \right)$$

$$= 0,00503$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0035 < \rho_{\text{perlu}} = 0,00503 \leq \rho_{\text{max}} = 0,0244$$

$$\text{dipakai } \rho = 0,00503$$

$$a = \frac{\rho * d * fy}{0,85 * fc'} = \frac{0,00503 * 452 * 400}{0,85 * 30}$$

$$= 35,66 \text{ mm} < t_{\text{pelat}} = 120 \text{ mm} \rightarrow \text{Jadi balok T palsu.}$$

Tulangan lapangan bawah :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho * b * d \\ &= 0,00503 * 300 * 452 = 682,07 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan : 4 D 16 ($A_s = 804,25 \text{ mm}^2$)

Tulangan lapangan atas :

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,6 * \rho * b * d \\ &= 409,24 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan : 3 D16 ($A_s' = 603,19 \text{ mm}^2$)

Sehingga diperoleh tulangan lentur :

- Tulangan atas : 3 D 16, $A_s \text{ ada} = 603,19 \text{ mm}^2$, $\rho \text{ act.} = 0,00445$
- Tulangan bawah : 4 D 16, $A_s \text{ ada} = 804,25 \text{ mm}^2$, $\rho \text{ act.} = 0,00593$

5.2.2 Perhitungan Geser dan Torsi

Gaya geser yang ditimbulkan pada suatu penampang akan menyebabkan retak miring. Timbulnya keretakan miring yang pertama kali menentukan besarnya kekuatan balok tanpa tulangan geser dalam menahan gaya geser yang terjadi

Secara keseluruhan perencanaan pada penampang yang menerima geser harus didasarkan pada Standar Perencanaan Beton Bertulang (SKSNI 3.14).

Gaya geser rencana harus diperhitungkan menurut rumus :

$$V_{u,b} = 0.7 \frac{M_{kap} + M_{kap'}}{L_n} + 1.05 * V_g \quad (\text{SKSNI 3.14-19})$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u,b} = 1.05 \left[V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4.0}{K} V_{E,b} \right] \quad (\text{SKSNI 3.14-20})$$

Dengan :

M_{kap} = Momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada salah satu ujung balok atau bidang muka kolom.

$M_{kap'}$ = Momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada ujung balok atau bidang muka kolom yang lain.

- L_n = Bentang bersih balok.
 $V_{D,b}$ = Gaya geser balok akibat beban mati tak berfaktor.
 $V_{L,b}$ = Gaya geser balok akibat beban hidup tak berfaktor.
 $V_{E,b}$ = Gaya geser akibat beban gempa tak berfaktor.
 V_g = Gaya geser akibat beban grafitasi.

Konsep dari penulangan geser adalah untuk menahan agar keruntuhan yang tidak daktil, tidak terjadi sebelum balok mengerahkan kekuatan lenturnya.

Kuat geser rencana balok harus memenuhi syarat :

$$V_u \leq \phi V_n \quad (\text{SKSNI 3.4-1})$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (\text{SKSNI 3.4-2})$$

Dimana kuat geser yang disumbangkan oleh beton untuk komponen struktur non komposit (SKSNI 3.4.3) :

1. Untuk komponen yang hanya dibebani oleh gaya geser dan lentur :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \quad (\text{SKSNI 3.4.3-1.1})$$

2. Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial berlaku :

$$V_c = 2 \left(1 + \frac{N_u}{A_g} \right) \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \right)$$

3. Untuk penampang dimana komponen torsi terfaktor T_u melebihi

$\phi [(\sqrt{f_c'} / 24) \cdot \sum x^2 y]$ berlaku :

$$V_c = \frac{\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d}{\sqrt{1 + \left(2,5 \cdot C_t \left(\frac{T_u}{V_u} \right)^2 \right)}} \quad (\text{SKSNI 3.4-5})$$

bila $\phi V_c < V_u$, maka diperlukan tulangan geser sebesar :

$$\frac{A_v}{S} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi \cdot d \cdot f_y}$$

Jika juga memenuhi kuat geser dan torsi untuk komponen struktur non pratekan berpenampang persegi atau dengan flens, pengaruh torsi harus diperhitungkan bersama lentur dan geser bila momen torsi terfaktor T_u lebih dari : $\phi [(\sqrt{f_c'} / 24) \cdot \sum x^2 y]$ pengaruh torsi ini dapat diabaikan bila T_u kurang dari nilai tersebut diatas (SKSNI 3.4.6-1). Kuat momen torsi dalam perencanaan penampang terhadap torsi harus berdasarkan pada (SKSNI 3.4.6-5).

$$T_u \leq \phi T_n \quad (\text{SKSNI 3.4-20})$$

$$T_n = T_c + T_s \quad (\text{SKSNI 3.4-21})$$

Sedangkan kuat momen torsi yang disumbangkan oleh beton :

$$T_c = \frac{\frac{1}{15} \sqrt{f_c'} \cdot \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,4 \cdot V_u}{C_t \cdot T_u} \right)}} \quad (\text{SKSNI 3.4-22})$$

Bila $\phi T_c < T_u$, maka diperlukan tulangan torsi sebesar :

$$\frac{A_t}{S} = \frac{T_u - \phi T_c}{\phi \cdot \alpha_t \cdot x_1 \cdot y_1 \cdot f_y} \quad (\text{SKSNI 3.4-23})$$

Tulangan transversal minimal yang disyaratkan untuk kekuatan :

$$\frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} \geq \frac{b_w}{3 \cdot f_y} \quad (\text{SKSNI 3.4-14})$$

Untuk tulangan torsi memanjang, dipilih yang terbesar antara :

$$A1 = \frac{2 \cdot A_t}{S} (x_1 + y_1)$$

$$A2 = \left[\frac{2,8 \cdot S_x}{f_y} \left(\frac{T_u}{T_u \frac{V_u}{3 C_t}} \right) - 2 \cdot A_t \right] \frac{x_1 + y_1}{S}$$

1) Perhitungan Momen Kapasitas Balok.

Momen kapasitas balok dihitung dengan rumus di bawah ini :

$$M_{kap,b} = \phi_o \cdot M_{n_{ak,b}}$$

dimana :

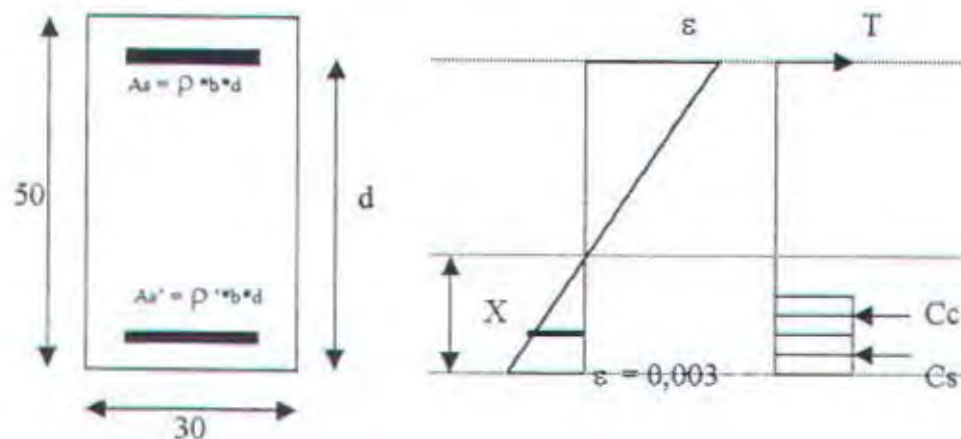
- $M_{kap,b}$ = Momen kapasitas balok (over strength moment)

- ϕ = over strength factor (faktor penambahan kekuatan) yang memperhitungkan pengaruh penambahan kekuatan maksimal dari tulangan terhadap kuat leleh yang ditetapkan, diambil sebesar 1,25 untuk tulangan dengan $f_y \leq 400$ MPa, dan sebesar 1,40 untuk $f_y \geq 400$ MPa
- $M_{n_{ak,b}}$ = Kuat momen lentur nominal aktual balok yang dihitung terhadap luas tulangan aktual pada penampang balok yang ditinjau.

□ Contoh Perhitungan Momen Kapasitas Balok Lantai 1 As 1-BC.

1) Perhitungan Momen Kapasitas (-) Pada Tumpuan Balok

Karena dianggap besarnya tulangan yang terpasang sama dengan tulangan yang diperlukan, maka nilai momen leleh negatif diperoleh dari momen nominal balok, dimana harus dihitung berdasarkan jumlah tulangan terpakai. Perhitungan Momen Nominal adalah seperti desain tulangan lentur, tetapi rasio tulangan harus dihitung berdasarkan jumlah tulangan tarik dan tekan aktual.



Gambar 5.2. Tegangan dan Regangan Beton Bertulang Daerah Tumpuan.

Asumsi dasar : Tulangan tekan (A_s'), belum leleh :

$T = C_c + C_s$, maka akan didapatkan nilai X .

dimana : $T = A_s \cdot f_y$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot X \cdot b_w$$

$$C_s = (f_s' - 0,85 \cdot f_c') \cdot A_s'$$

Adapun cara menentukan X dan nilai f_s' adalah seperti dengan analisa penampang persegi.

Maka dengan data tulangan :

- Tulangan atas : 8 D 16, $A_s \text{ ada} = 1608,5 \text{ mm}^2$, $\rho_{\text{act.}} = 0,01186$
- Tulangan bawah : 4 D 16, $A_s \text{ ada} = 804,25 \text{ mm}^2$, $\rho_{\text{act.}} = 0,00593$

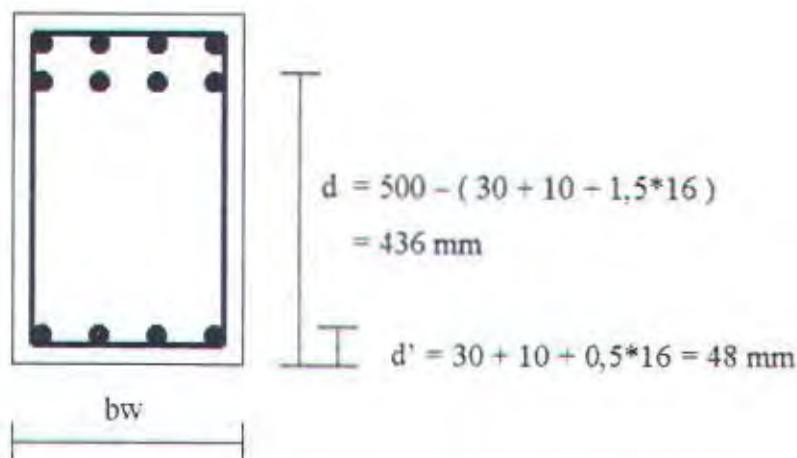
Chek kapasitas lentur tampang :

$$(n \cdot D) + (n - 1) 30 + 2 \cdot 30 + 2 \cdot \phi_s \leq b_w$$

$$(n \cdot 16) + (n - 1) 30 + 2 \cdot 30 + 2 \cdot 10 \leq 300$$

$$n \leq 5,435$$

Jadi jumlah maksimum tulangan dalam satu lapis adalah 5 batang.



Gambar 5.3. Susunan Pemasangan Tulangan Pada Tumpuan.

Anggap tulangan tarik leleh dan tulangan tekan belum leleh.

$$\epsilon_y = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon_{sl} = 0,003 \left(1 - \frac{48}{X} \right) < \epsilon_y$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 X \cdot 300 = 6502,5 X \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' * (\epsilon_s * E_s - 0,85 * f_c') \\
 &= 804,25 * \left[0,003 \left(1 - \frac{48}{X} \right) * 200000 - 0,85 * 30 \right] \\
 &= 462041,625 - \frac{23162400}{X} \\
 T &= A_s * f_y = 1608,5 * 400 \\
 &= 643.400,00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\sum H = 0, \text{ maka : } C_c + C_s - T = 0$$

$$\begin{aligned}
 6502,5 X + \left(462041,625 - \frac{23162400}{X} \right) - 643.400,00 &= 0 \\
 6.502,5 X^2 - 181.358,375 X - 23.162.400,00 &= 0
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus ABC, diperoleh $X = 75,24 \text{ mm}$

$$a = \beta * X = 0,85 * 75,24 = 63,95 \text{ mm.}$$

Kontrol :

$$\epsilon_{s1} = 0,003 \left(1 - \frac{48}{75,24} \right) = 0,00109 < \epsilon_y = 0,002 \quad \text{OK!}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 * f_c' * a * b \\
 &= 0,85 * 30 * 63,95 * 300 = 489.217,5
 \end{aligned}$$

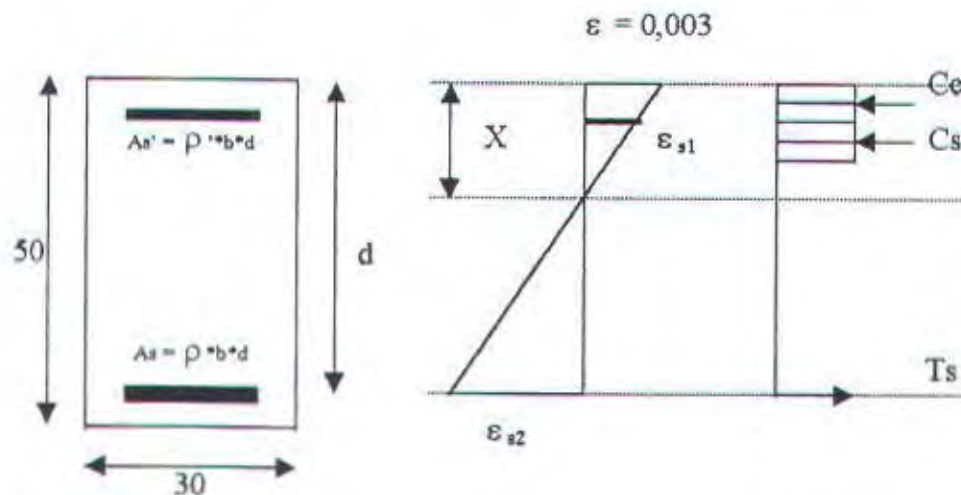
$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' * (\epsilon_s * E_s - 0,85 * f_c') \\
 &= 804,25 * \left[0,003 \left(1 - \frac{48}{75,24} \right) * 200000 - 0,85 * 30 \right] \\
 &= 154.818,125
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{n_{ak,b}} &= C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \\
 &= 489.217,5 \left(436 - \frac{63,95}{2} \right) + 154.818,125 (436 - 48) \\
 &= 257.725.532,9 \text{ Nmm} \\
 &= 257,726 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{kap,b} &= \phi_o * M_{n_{ak,b}} \\
 &= 1,25 * 257,726 = 322,16 \text{ KNm.}
 \end{aligned}$$

2) Perhitungan Momen Kapasitas (+) Pada Tumpuan Balok

Untuk perhitungan Momen Kapasitas (+) hampir sama dengan cara perhitungan Momen Kapasitas (-), dimana dianggap besarnya tulangan yang terpasang sama dengan tulangan yang diperlukan, maka nilai momen leleh positif diperoleh dari momen nominal balok, dimana harus dihitung berdasarkan jumlah tulangan terpakai. Perhitungan Momen Nominal adalah seperti desain tulangan lentur, tetapi rasio tulangan harus dihitung berdasarkan jumlah tulangan tarik dan tekan aktual.



Gambar 5.4. Tegangan dan Regangan Penampang Daerah Tumpuan +

Asumsi dasar : Garis netral terletak diantara ϵ_{s1} dan ϵ_{s2} , sehingga $f_{s1} < f_{s2}$, adapun posisi garis netral ditentukan dengan persamaan kuadrat.

Dengan cara yang sama dengan cara pada Momen Kapasitas Negatif tumpuan balok, maka didapat :

Dengan menggunakan rumus ABC, diperoleh $X = 49,75 \text{ mm}$

$$a = \beta * X = 0,85 * 49,75 = 42,29 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$\epsilon_{s1} = 0,003 \left(1 - \frac{48}{49,75} \right) = 0,000106 < \epsilon_y = 0,002 \quad \text{OK!}$$

Jadi tulangan tekan belum leleh.

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 * f_c' * a * b \\
 &= 0,85 * 30 * 42,29 * 300 = 323.518,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' * (\epsilon_s * E_s - 0,85 * f_c') \\
 &= 1608,5 * \left[0,003 \left(1 - \frac{48}{49,75} \right) * 200000 - 0,85 * 30 \right] \\
 &= -7.068,51 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{n_{ak,b}} &= C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \\
 &= 323.518,5 \left(452 - \frac{42,29}{2} \right) - 7.068,51 (452 - 48) \\
 &= 136.533.885,3 \text{ Nmm} \\
 &= 136,534 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{kap,b} &= \phi_o * M_{n_{ak,b}} \\
 &= 1,25 * 136,534 = 170,67 \text{ KNm.}
 \end{aligned}$$

□ Perhitungan Penulangan Geser dan Torsi.

Dari hasil analisa struktur utama dengan menggunakan SAP 90 diperoleh :

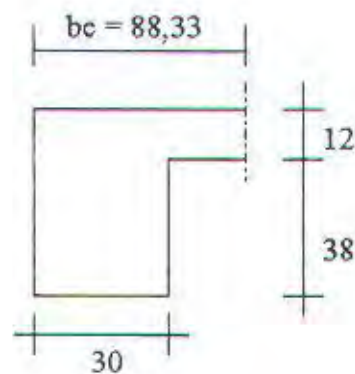
$$\begin{aligned}
 V_u &= 11,86 \text{ T} = 118.600,00 \text{ N} \\
 T_u &= 1,357 \text{ Tm} = 13.570,00 \text{ Nm} \\
 V_D &= 7,18 \text{ T} = 71800 \text{ N} \\
 V_L &= 1,32 \text{ T} = 13200 \text{ N} \\
 V_E &= 3,33 \text{ T} = 33300 \text{ N} \\
 V_{u_{max}} &= 1,05 \left(V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4,0}{K} V_{E,b} \right) \\
 &= 229.110,00 \text{ N} = 229,11 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Menentukan besarnya gaya geser yang bekerja pada balok :

$$\begin{aligned}
 1,05 V_g &= 1,05 (71800 + 13200) \\
 &= 89.250,00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u,b} &= 0,7 \frac{M_{kap} + M_{kap'}}{L_n} + 1,05 \cdot V_g \\
 &= 0,7 \frac{322,16 + 170,67}{6,5} + 89,25 \\
 &= 142,324 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan V_u rencana = 142,324 KN



$$\begin{aligned}
 \sum x^2 y &= 30^2 \cdot 50 + 2 (58,33^2 \cdot 12) \\
 &= 85.828,67 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sum x \cdot y^2 &= 30 \cdot 38^2 + 88,33 \cdot 12^2 \\
 &= 56.039,52 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Diambil yang terbesar $\sum x^2 y = 85.828,67 \text{ cm}^3$

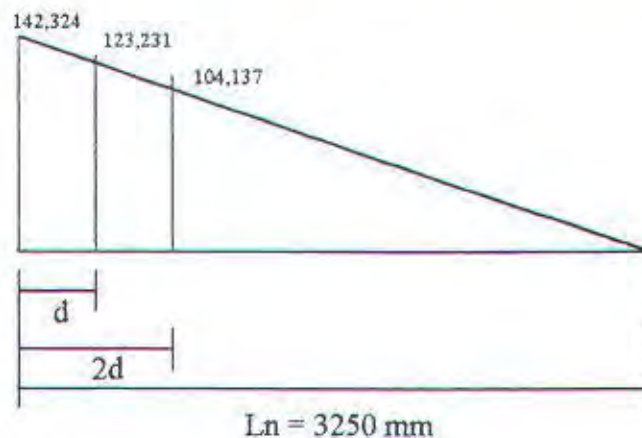
$$\begin{aligned}
 C_t &= \frac{b_w \cdot d}{\sum x^2 y} = \frac{300 \cdot 436}{85.828.670} \\
 &= 0,001524 \text{ mm}^{-1}
 \end{aligned}$$

Cek kuat torsi :

$$\begin{aligned}
 T_c &= \phi (\sqrt{f_c'} \sum x^2 y) \frac{1}{20} = 0,6 (\sqrt{30} \cdot 85828670) \frac{1}{20} \\
 &= 14.103.089,59 \text{ N} \\
 &= 14,103 \text{ KNm} > T_u = 13,57 \text{ KNm}, \rightarrow \text{Torsi boleh diabaikan.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1/6\sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d}{\sqrt{1 + \left(2,5 \cdot C_t \cdot \frac{T_u}{V_u}\right)^2}} \\
 &= \frac{1/6\sqrt{30} \cdot 300 \cdot 436}{\sqrt{1 + \left(2,5 \cdot 0,001524 \cdot \frac{13.570.000}{118.600}\right)^2}} \\
 &= 109.455,0 \text{ N} \quad = 109,455 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Pada daerah $2d$ dari muka tumpuan kekuatan beton dalam memikul geser tidak boleh diperhitungkan ($V_c = 0$), untuk menjamin terbentuknya sendi plastis di daerah itu. Gaya geser rencana yang dipakai adalah gaya geser rencana pada penampang kritis sejauh d .



$$V_{u,b} \text{ terpakai} = 142,324 \cdot \frac{3250 - 436}{3250} = 123,231 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_{u,b} \text{ terpakai}}{\phi} - V_c \\
 &= \frac{123,231}{0,60} - 0 = 205,384 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Dipakai sengkang $\phi = 10$, dengan $A_s = 78,54 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{2 \cdot 78,54 \cdot 400 \cdot 436}{205,384 \cdot 10^3} \\
 &= 133,38 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Kontrol spasi maksimum :

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &\leq \frac{1}{4} d = 113 \text{ mm} \\
 &\leq 8 * D = 8 * 16 = 128 \text{ mm} \\
 &\leq 24 * \phi = 24 * 10 = 240 \text{ mm} \\
 &\leq 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan sengkang D10 – 110.

Di luar daerah yang berpotensi sebagai sendi plastis (di luar daerah $2d$ dari muka tumpuan), V_c tetap diperhitungkan.

$$V_{u,b} \text{ terpakai} = 229,11 \frac{3250 - 872}{3250} = 167,638 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_{u,b} \text{ terpakai}}{\phi} - V_c \\
 &= \frac{104,137}{0,60} - 109,455 = 64,107 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Dipakai sengkang $\phi = 10$, dengan $A_s = 78,54 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{2 * 78,54 * 400 * 436}{64,107 \cdot 10^3} \\
 &= 427,33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol spasi maksimum :

$$S_{\max} \leq \frac{1}{2} d = 226 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan sengkang D10 – 220.

Perhitungan selengkapnya untuk balok induk portal disajikan dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada lampiran.

5.3. KOMPONEN STRUKTUR KOLOM

Dalam perencanaan kolom sebagai komponen struktur yang menerima beban lentur dan aksial tekan, harus memenuhi syarat-syarat yang diatur dalam SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.14.4.1 sebagai berikut :

- 1) Dimensi penampang terpendek, diukur pada satu garis lurus yang melalui titik berat penampang, tidak boleh kurang dari 300 mm.
- 2) Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi yang tegak lurus padanya tidak boleh kurang dari 0,4.
- 3) Rasio tinggi antar kolom terhadap dimensi penampang kolom yang terpendek tidak boleh lebih besar dari 25. Untuk kolom yang mengalami momen yang dapat berbalik tanda, rasionya tidak boleh lebih besar dari 16. Untuk kolom kantilever rasionya tidak boleh lebih dari 10.

5.2.1. Perencanaan Kolom Terhadap Lentur dan Gaya Aksial.

Kuat lentur kolom portal harus dihitung berdasarkan terjadinya kapasitas lentur sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu pada kolom tersebut, yaitu :

$$\sum M_{u,k} = 0,70(\omega d) \sum M_{kap,b} \quad (\text{SKSNI 3.14-1})$$

atau

$$M_{u,k} = 0,70 (\omega d) \alpha_k (M_{kap,b,k1} + M_{kap,b,k2})$$

Tetapi dalam segala hal tidak boleh lebih besar dari :

$$\sum M_{u,k} = 1,05(MD,k + ML,k + \frac{4,0}{K} + ME,k) \quad (\text{SKSNI 3.14-2})$$

dan

$$M_{kap,b} = \phi_0 * M_{nak,b}$$

Dimana :

- $\sum M_{u,k}$ = Jumlah momen rencana kolom pusat join. Kuat kolom harus dihitung untuk gaya aksial berfaktor yang konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau.
- ω_d = Faktor pembesar dinamis, diambil 1,3 kecuali untuk kolom lantai 1 dan lantai 6 yang memungkinkan terjadi sendi plastis pada kolom, = 1,0.
- α_k = Faktor distribusi momen kolom portal yang ditinjau sesuai dengan kekakuan relatif kolom atas dan kolom bawah.
- $M_{kap,b,k}$ = Momen kapasitas lentur balok disebelah kiri kolom
- $M_{kap,bka}$ = Momen kapasitas lentur balok disebelah kanan kolom.
- $M_{D,k}$ = Momen pada kolom akibat beban mati
- $M_{L,k}$ = Momen pada kolom akibat beban hidup
- $M_{E,k}$ = Momen pada kolom akibat beban gempa.
- K = Faktor jenis struktur (= 1,0)
- $M_{n_{ak,b}}$ = Kuat momen lentur nominal aktual balok yang dihitung terhadap luas tulangan yang sebenarnya ada pada penampang balok yang ditinjau.
- ϕ_o = over strength factor (faktor penambahan kekuatan) yang memperhitungkan pengaruh penambahan kekuatan maksimal dari tulangan terhadap kuat leleh yang ditetapkan, diambil sebesar 1,25 untuk tulangan dengan $f_y \leq 400$ MPa, dan sebesar 1,40 untuk $f_y \geq 400$ MPa.

Nilai $M_{kap,b}$ (+) dan $M_{kap,b}$ (-) dikiri dan kanan join yang dihitung bolak-balik untuk arah x dan y. Dalam hal ini dilakukan ekstrapolasi linier terlebih dahulu untuk menentukan nilai momen kapasitas balok pada pusat join, yang dihitung dari muka join sebelah kiri maupun sebelah kanan.

$$M_{kap,b} (-) \text{ pusat join} = \frac{L_b}{L_{nb}} M_{kap,b} (+) \text{ muka join}$$

$$M_{kap,b} (-) \text{ pusat join} = \frac{L_b}{L_{nb}} M_{kap,b} (-) \text{ muka join}$$

dimana :

L_b = bentang balok dari as ke as kolom

L_{nb} = bentang bersih balok

Jadi nilai $\Sigma M_{kap,b}$ disetiap lantai ke-I adalah :

$$\Sigma M_{kap,b} = \Sigma M_{kap,b} \text{ yang terbesar pada pusat join.}$$

$$\Sigma M_{kap,b} = \Sigma (M_{kap,b} (+) + M_{kap,b} (-))$$

Apabila kekuatan relatif dari unsur-unsur yang bertemu disetiap join diperhitungkan, maka besarnya nilai $\Sigma M_{u,k}$ di ujung atas dan ujung bawah kolom pada setiap lantai – I untuk masing-masing arah x dan y adalah :

- Ujung atas lantai – i :

$$\Sigma M_{u,k} \geq 0,70 * (\omega d) * \frac{h}{h_n} * \alpha_{ka} * \Sigma M_{kap,b(i+1)}$$

- Ujung bawah lantai – i :

$$\Sigma M_{u,k} \geq 0,70 * (\omega d) * \frac{h}{h_n} * \alpha_{kb} * \Sigma M_{kap,b(i+1)}$$

Nilai faktor distribusi momen dari kolom yang ditinjau, α_k adalah :

$$\alpha_{ka} = \frac{M_{E,K,lr(i)atas}}{M_{E,K,lr(i)atas} + M_{E,K,lr(i)bawah}}$$

$$\alpha_{kb} = \frac{M_{E,K,lr(i)bawah}}{M_{E,K,lr(i)atas} + M_{E,K,lr(i)bawah}}$$

Dimana h dan h_n masing-masing adalah tinggi kolom diukur dari as ke as dan tinggi bersih kolom tersebut. Nilai $\frac{h}{h_n}$ diperlukan untuk menentukan $M_{E,K}$ pada pusat join dengan cara ekstrapolasi linier.

Untuk kolom struktur daktail penuh harus direncanakan dengan gaya aksial rencana $N_{u,k}$. Sedangkan beban aksial rencana, $N_{u,k}$ yang bekerja pada kolom dengan daktilitas penuh dihitung dari :

$$N_{u,k} = \frac{0,7 * R_v \sum M_{kap,b}}{L_b} + 1,05 * N_{g,k}$$

Tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari :

$$N_{u,k} = 1,05(N_{g,k} + \frac{4,0}{K} N_{e,k})$$

Dengan :

R_n = Faktor reduksi yang ditentukan sebesar :

= 1,0 untuk $1 < n < 4$

= $1,1 - 0,025 n$ untuk: $4 < n < 20$

= 0,6 untuk $n > 20$

n = Jumlah lantai di atas kolom yang ditinjau

L_b = Bentang balok dari pusat ke pusat kolom

$N_{g,k}$ = Gaya aksial kolom akibat beban grafitasi

$N_{e,k}$ = Gaya aksial kolom akibat beban gempa.

Nilai faktor reduksi R_v dipakai karena momen kapasitas balok tidak mungkin terjadi secara menyeluruh dan atau saat yang bersamaan.

□ Penulangan Lentur Kolom.

Penulangan lentur kolom didasarkan pada beban aksial dan momen yang bekerja pada elemen kolom.

♦ *Perhitungan Kelangsingan Kolom :*

$$\text{Rumus} \quad : \quad \frac{k * Lu}{r}$$

dimana :

- k = faktor panjang efektif
- r = radius girasi, pada komponen struktur tekan persegi boleh diambil sama dengan 0,3 kali dimensi total dalam arah stabilitas yang ditinjau, dan sama dengan 0,25 kali diameter untuk komponen struktur tekan bulat (SKSNI 3.3.11.2(3))
- Lu = tinggi bersih dari komponen struktur tekan.

Berdasarkan SKSNI-T-15-1991-03 3.3.11.2 (1-2), komponen struktur tekan dibedakan menjadi dua :

- Struktur dengan pengaku (Braced Frame).

Faktor panjang efektif k harus diambil sama dengan 1, kecuali bila analisa menunjukkan bahwa suatu nilai yang lebih kecil boleh digunakan.

- Struktur tanpa pengaku (Unbraced Frame).

Faktor panjang efektif k harus ditentukan dengan mempertimbangkan pengaruh dari keretakan dan tulangan terhadap kekakuan relatif dengan bantuan nomogram (grafik alignment) dengan prosedur pemakaian grafik sebagai berikut :

$$y = \frac{\frac{\sum EI}{L_{kolom}^2}}{\frac{\sum EI}{L_{batok}^2}}$$

untuk perletakan sendi $y = 1$

untuk perletakan jepit $y = 0$

Untuk tumpuan atas (y_A) dan bawah (y_B), dari kedua nilai y diatas dihubungkan, maka didaapatkan nilai k .

♦ *Batasan Perbandingan Kelangsingan.*

Pengaruh kelangsingan dapat diabaikan jika memenuhi syarat-syarat sebagai berikut (SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.11.4) :

a. Portal dengan pengaku :

$$\frac{k * Lu}{r} < 34 - 12 * \frac{M1b}{M2b}$$

b. Portal tanpa pengaku :

$$\frac{k * Lu}{r} < 22$$

dengan :

$$[M1b] < [M2b]$$

$$\frac{M1b}{M2b} \text{ bernilai positif untuk kelengkungan tunggal}$$

- Bila bidang momen lentur mempunyai momen maksimum tidak pada ujung, maka nilai $\frac{M1b}{M2b}$ diambil = 1.
- Juga bila pada kedua ujung tidak ada atau tidak diketahui besar momennya, nilai $\frac{M1b}{M2b}$ diambil = 1.
-

♦ *Perhitungan Kolom Pendek.*

1. Bila kolom beban konsentris untuk ($e < 0,10 h$)

Persyaratan :

$$P_n \geq \frac{P_u}{\phi}$$

Dari pasal 3.3.3.5 (dengan tulangan spiral) :

$$P_n \max = 0,85 [0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}]$$

Dari kedua syarat di atas didapat desain A_{st} yang dibutuhkan.

2. Kolom dengan $e < e_{min}$

$$\text{hitung : } \frac{P_n}{f_c' \cdot A_g} \text{ dan } \frac{M_n}{f_c' \cdot A_g h}$$

Dari diagram interaksi diperoleh ρ yang diperlukan.

♦ *Perhitungan Kolom Panjang (bahaya tekuk).*

Untuk komponen struktur tekan dimana pengaruh kelangsingan tidak boleh diabaikan dan $\frac{k \cdot L_u}{r} < 100$, struktur tersebut boleh diperhitungkan dengan metode pembesaran momen pada SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.11.5.

♦ *Metode Pembebsaran Momen*

1. Untuk braced frame

$$\text{rumus : } M_c = \delta_b (M_{1b} + M_{2b})$$

$$\text{: } M_c = \delta_b M_u$$

Catatan :

Pada braced frame tidak perlu dipisahkan antara momen yang menimbulkan *side way* atau tidak.

2. Untuk unbraced frame

$$\text{rumus : } M_c = \delta_b M_{2b} + \delta_s M_{2b}$$

dengan :

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi \cdot P_c}} \geq 1,0$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum M_u}{\phi \cdot \sum P_c}} \geq 1,0$$



C_m = faktor pembesaran momen, nilainya adalah sebagai berikut :

- Porta dengan pengaku :

dengan beban transversal :

$$C_m = 1$$

Momen-momen ujung saja :

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \geq 0,4$$

- Portal tanpa pengaku :

$$C_m = 1$$

ϕ = faktor reduksi kekuatan, berharga 0,65 (SKSNI 3.2.3.2.2b)

P_u = beban aksial berfaktor

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k.L_u)^2}$$

Pengertian ΣP_c dan ΣP_u adalah penjumlahan dari harga P_c dan P_u semua kolom dalam satu tingkat.

Ketentuan mencari faktor kekakuan EI : (SKSNI 3.3.11.5.2)

$$EI = \frac{0,2.E_c.I_g + E_s.I_s}{1 + \beta_d} \quad \text{atau}$$

$$EI = \frac{0,4.E_c.I_g}{1 + \beta_d} \quad \text{dipilih yang terbesar.}$$

Bila dalam desain awal dimana tulangan belum dipilih atau terpasang, harga EI bisa diambil sebagai berikut :

$$EI = \frac{0,5.E_c.I_g}{1 + \beta_d}$$

$$\beta_d = \frac{\left| \text{Momen beban mati berfaktor} \right|}{\left| \text{Momen beban total berfaktor} \right|}$$

Batasan minimum untuk nilai momen ini adalah :

$$M_u = P_u \cdot e_{min}$$

dengan :

$$e_{min} = (15 + 0,03 \cdot h)$$

♦ *Menentukan Luas Tulangan*

1. Hitung P_n perlu :

$$P_n = \frac{P_n}{\phi} \leq P_n \text{ maks.}$$

dengan :

- Untuk tulangan spiral :

$$P_n \text{ maks} = 0,85 [0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}]$$

- Untuk tulangan sengkang :

$$P_n \text{ maks} = 0,8 [0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}]$$

2. Hitung M_u perlu hasil pembesaran :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$e_{perlu} = \frac{M_n}{P_n}$$

Syarat minimum eksentrisitas :

$$e_{min} = (15 + 0,03 \cdot h)$$

3. Berdasarkan nilai-nilai :

$$\frac{P_n}{f_c' \cdot A_g} \text{ dan } \frac{M_n}{f_c' \cdot A_g \cdot h}$$

Diperoleh harga ρ tulangan lentur yang dicari dengan bantuan diagram interaksi $M - N$.

$$A_{st} = \rho \cdot A_g$$

Jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari db atau 25 mm (SKSNI pasal 3.16.6.1).

5.3.2. Perencanaan Terhadap Gaya Geser

♦ Gaya Geser Rencana Kolom

Gaya geser rencana V_u harus ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,k,a} + M_{u,k,b}}{h'k}$$

tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u,k} = 1,05 \left(V_{D,k} + V_{L,k} + \frac{4,0}{K} V_{E,k} \right)$$

dimana :

$M_{u,k,a}$ = Momen rencana kolom pada ujung atas kolom pada bidang muka kolom

$M_{u,k,b}$ = Momen rencana kolom pada ujung bawah kolom pada bidang muka kolom

$h'k$ = Tinggi bersih kolom yang ditinjau.

Akan tetapi pada lantai dasar dan lantai paling atas yang memperbolehkan terjadinya sendi plastis pada kolom, gaya geser rencana kolom dihitung berdasarkan momen kapasitas dari kolom,

$$V_{u,k \text{ lantai dasar}} = \frac{M_{u_{ka, \text{lantai 1}}} + M_{u_{kp, k, \text{lantai 1}}}}{h_n}$$

$$V_{u,k \text{ lantai atas}} = \frac{1}{h_n} \cdot (2 * M_{u_{kp, k \text{ lantai atas}}})$$

♦ *Konsep Geser Nominal*

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = V_s + V_c$$

Pasal 3.14.7.2.2.1 SKSNI-T-15-1991-03 menjelaskan bahwa asumsi nilai $V_c = 0$ untuk lokasi berpotensi sendi plastis. Untuk daerah diluar sendi plastis kontribusi V_c tetap diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \cdot b_w \cdot d \quad \text{SKSNI 3.4.3.2}$$

dengan :

N_u = gaya aksial minimum yang terjadi pada kolom yang ditinjau.

Kuat geser yang dipikul tulangan geser :

$$V_s = V_n - V_c$$

♦ *Tulangan Transversal*

Pada pasal 3.14.4.4.2 SKSNI-T-15-1991-03 menjelaskan bahwa tulangan transversal pada daerah sendi plastis potensial harus dipasang dengan spasi tidak melebihi :

- $\frac{1}{4}$ dimensi kolom terkecil
- ≤ 8 kali diameter tulangan memanjang
- ≤ 100 mm

Pada pasal 3.14.4.4.4 SKSNI-T-15-1991-03 menjelaskan bahwa tulangan transversal ini dipasang sepanjang l_o dari muka yang ditinjau. Panjang l_o tidak boleh kurang dari :

- Tinggi komponen dimeensi struktur, untuk :

$$N_{u,k} \leq 0,3 \cdot A_g \cdot f_c'$$

- b. 1,5 kali tinggi komponen dimensi struktur, untuk :

$$N_{u,k} \geq 0.3 \cdot A_g \cdot f_c'$$

- c. 1/6 kali bentang bersih dari komponen struktur,

- d. 450 mm.

♦ *Mencari Momen Nominal Aktual Kolom*

Cara perhitungan momen nominal aktual pada kolom ataupun momen kapasitas kolom adalah sama dengan perhitungan momen kapasitas balok induk.

♦ *Kontrol Momen Biaksial*

Untuk mencari momen biaksial ini digunakan metode pendekatan Bresler, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{1}{P_u} = \frac{1}{P_{ox}} + \frac{1}{P_{oy}} + \frac{1}{P_o}$$

dimana : P_{ox} = gaya aksial nominal dengan eksentrisitas x

P_{oy} = gaya aksial nominal dengan eksentrisitas y

P_o = kekuatan nominal tanpa eksentrisitas

$$= 0.8 \cdot \phi \cdot [f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}]$$

Nilai P_{ox} dan P_{oy} diperoleh dari diagram interaksi M – N non dimensi. Dengan mengetahui nilai $\frac{e_x}{h}$ dan $\frac{e_y}{h}$ terlebih dahulu akan didapat sumbu ordinat (nilai k), sehingga P_{ox} dan P_{oy} akan didapat dari persamaan tersebut, dengan memasukkan harga k :

$$P_{ox} = k \cdot A_g \cdot f_c'$$

$$P_{oy} = k \cdot A_g \cdot f_c'$$

5.3.3. Contoh Perhitungan Penulangan Kolom

Untuk contoh perhitungan penulangan lentur kolom, dipakai data kolom Interior, yaitu kolom 1-C pada lantai 1.

A. Perhitungan Penulangan Lentur.

□ Data Kolom :

| | | | |
|-----------|---------------------------------|-------------------------|-------------|
| - Dimensi | = $500 \times 500 \text{ mm}^2$ | - Mutu beton (f_c') | = 30 MPa |
| - h | = 5,5 m | - Mutu baja (f_y) | = 400 MPa |
| - h_n | = 5,0 m | - Tulangan Utama | = D 19 |
| - decking | = 40 mm | - Begel | = $\phi 10$ |

□ Gaya Dalam Kolom :

$$N_{g,k} = 1061,6 \text{ KN}$$

$$N_E = 207,7 \text{ KN}$$

Arah X :

$$M_{E \text{ bawah}} = 159,9 \text{ KNm}$$

$$M_{E \text{ atas}} = 130,0 \text{ KNm}$$

$$M_{k_{ap,b} (-) \text{ kiri}} = 360,155 \text{ KNm}$$

$$M_{k_{ap,b} (+) \text{ kiri}} = 205,947 \text{ KNm}$$

$$M_{k_{ap,b} (-) \text{ kanan}} = 321,693 \text{ KNm}$$

$$M_{k_{ap,b} (+) \text{ kanan}} = 205,947 \text{ KNm}$$

Arah Y :

$$M_{E \text{ bawah}} = 47,9 \text{ KNm}$$

$$M_{E \text{ atas}} = 38,9 \text{ KNm}$$

$$M_{k_{ap,b} (-) \text{ kiri}} = 0,0 \text{ KNm}$$

$$M_{k_{ap,b} (+) \text{ kiri}} = 0,0 \text{ KNm}$$

$$M_{k_{ap,b} (-) \text{ kanan}} = 130,799 \text{ KNm}$$

$$M_{k_{ap,b} (+) \text{ kanan}} = 68,864 \text{ KNm}$$

□ Analisa Momen Rencana Kolom :

$$M_{u, k2} = 0,70 (\omega d) \frac{h}{hn} \alpha_{k2} (M_{k2p, b, k2} + M_{k2p, b, k2})$$

$$M_{u, kb} = 0,70 (\omega d) \frac{h}{hn} \alpha_{kb} (M_{k2p, k2, b} + M_{k2p, b, k2})$$

dimana :

$$\alpha_{ka} = \frac{M_{E, K, Ir(i)atas}}{M_{E, K, Ir(i)atas} + M_{E, K, Ir(i+1)bawah}}$$

$$\alpha_{kb} = \frac{M_{E, K, Ir(i)bawah}}{M_{E, K, Ir(i-1)atas} + M_{E, K, Ir(i)bawah}}$$

Arah X :

$$\alpha_{ka} = \frac{130,0}{130,0 + 122,9} = 0,510$$

$$\alpha_{kb} = 0$$

$$\begin{aligned} M_{u, k2, x} &= 0,70 * 1,3 * \frac{5,5}{5} * 0,510 (360,155 + 205,947) \\ &= 263,118 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u, kb, x} &= M_{E, kx} + 0,3 * M_{E, ky} = 159,9 + 0,3 * 47,9 \\ &= 174,270 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Arah Y :

$$\alpha_{ka} = \frac{38,9}{38,9 + 36,7} = 0,510$$

$$\alpha_{kb} = 0$$

$$\begin{aligned} M_{u, k2, y} &= 0,70 * 1,3 * \frac{5,5}{5} * 0,510 (0 + 130,799) \\ &= 120,710 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u, kb, y} &= 0,3 * M_{E, kx} + M_{E, ky} = 0,3 * 159,9 + 47,9 \\ &= 95,870 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Jadi Momen Rencana Kolom :

$$M_{u,k-x \text{ atas}} = 263,118 \text{ kNm}$$

$$M_{u.k-x \text{ bawah}} = 174,270 \text{ KNm}$$

$$M_{u,k-y \text{ atas}} = 120,710 \text{ KNm}$$

$$M_{u,k-y \text{ bawah}} = 95,870 \text{ KNm}$$

- Analisa Gaya Aksial Kolom

$$N_{U,K} = \frac{0,7 * Rv \sum M_{Lap,b}}{Lb} + 1,05 * N_{g,k}$$

$$\begin{aligned} \frac{\sum M_{\text{zap. b. x}}}{L_{y, b}} &= \frac{M_{\text{zap, ki}(-)} + M_{\text{zap, ki}(+)}}{L_{u, ki}} + \frac{M_{\text{zap, kn}(-)} + M_{\text{zap, kn}(+)}}{L_{u, kn}} \\ &= \frac{360,155 + 205,947}{7,0} + \frac{321,693 + 205,947}{3,0} \\ &= 256,752 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\frac{\sum M_{kap,by}}{L_{by}} = \frac{130,799 + 68,864}{3,6} = 55,462 \text{ KN}$$

$$R_v = 1,1 - 0,025 \cdot n = 1,1 - 0,025 \cdot 6 = 0,95$$

$$\begin{aligned} N_{u,k} &= 0,7 \cdot 0,95 \cdot (256,752 + 0,3 \cdot 55,462) + 1,05 \cdot (1061,6) \\ &= 1296,485 \text{ KN} \end{aligned}$$

Tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari :

$$N_{U,K} = 1,05 \left(N_{s,k} + \frac{4,0}{K} N_{E,k} \right) = 1,05 (1061,6 + 4 * 207,7) = 1987,02 \text{ KN}$$

Jadi N_u rencana = 1296,485 kN.

□ Perhitungan Penulangan Lentur Kolom

- Ukuran kolom = $50 \times 50 \text{ cm}^2$
- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan (f_y) = 400 MPa
- Decking = 40 mm
- Tulangan utama = D 19
- Tulangan sengkang = $\phi 10$

- $d' = 40 + 19/2 = 49,5 \text{ mm}$
- $d = 500 - 49,5 = 450,5 \text{ mm}$

Jenis kolom pada gedung ini adalah "brace frame", karena struktur memiliki shear wall sebagai pengaku, oleh sebab itu tidak perlu adanya pemisahan antara momen yang menentukan goyangan ($M1b$) atau ($M2b$), cukup $M2$ saja.

Cek Perbandingan Kelangsingan :

$$\begin{aligned} k &= 1 && (\text{SKSNI pasal 3.3.11.2.(1)}) \\ Lu &= 550 \text{ cm} \\ r &= 0,3 * h = 0,3 * 50 = 15 \text{ cm} \\ k \frac{Lu}{r} &= 1 * \frac{550}{15} = 36,67 \end{aligned}$$

Batas kolom pendek :

$$\begin{aligned} k \frac{Lu}{r} &\leq 34 - 12 * \frac{M1b}{M2b} = 34 - 12 * 1 = 22 \\ k \frac{Lu}{r} &= 36,67 \geq 22 \rightarrow \text{kolom panjang} \end{aligned}$$

Karena termasuk kolom panjang maka perlu ada perbesaran momen, karena adanya bahaya tekuk.

Metode Pembesaran Momen :

Untuk braced frame ; $M_c = \delta_b * M_{u,k}$

dengan :

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi \cdot P_c}} \geq 1,0$$

Momen-momen ujung saja :

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M1b}{M2b} = 0,6 + 0,4 * 1 = 1 \geq 1,0$$

ϕ = faktor reduksi kekuatan, berharga 0,65 (SKSNI 3.2.3.2.2b)

P_u = beban aksial berfaktor = 1119,4 KN

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k.Lu)^2}$$

Ketentuan mencari faktor kekakuan EI : (SKSNI 3.3.11.5.2)

$$EI = \frac{0.5.E_c.I_g}{1 + \beta_d}$$

$$\beta_d = \frac{\left| \text{Momen beban mati berfaktor} \right|}{\left| \text{Momen beban total berfaktor} \right|}$$

$$= \frac{1,2 * 15,4}{154,5} = 0,12$$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_{c'}} = 4700 \cdot \sqrt{30} = 25742,96 \text{ MPa}$$

$$I_g = 1/12 * b * h^3 = 1/12 * 500 * 500^3$$

$$= 5,208 \cdot 10^9$$

$$EI = \frac{0,5 * 25742,96 * 5,208 * 10^9}{1 + 0,12} = 5,986 * 10^{13}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 * 5,986 * 10^{13}}{(1 * 5500)^2} = 19.529.161,69 \text{ N}$$

$$= 19.529,162 \text{ KN}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi.P_c}} \geq 1,0$$

$$= \frac{1}{1 - \frac{1119,4}{0,65 * 19.529,162}} = 1,097$$

Batasan minimum untuk nilai momen ini adalah :

$$M_u = P_u \cdot e_{\min}$$

dengan :

$$e_{\min} = (15 + 0,03.h) = 15 + 0,03 * 500$$

$$= 30 \text{ mm}$$

$$M_{u \min} = 1.119.400 * 30 = 33.582.000 \text{ Nmm}$$

$$= 33,582 \text{ KNm}$$

Mencari Luas Tulangan :

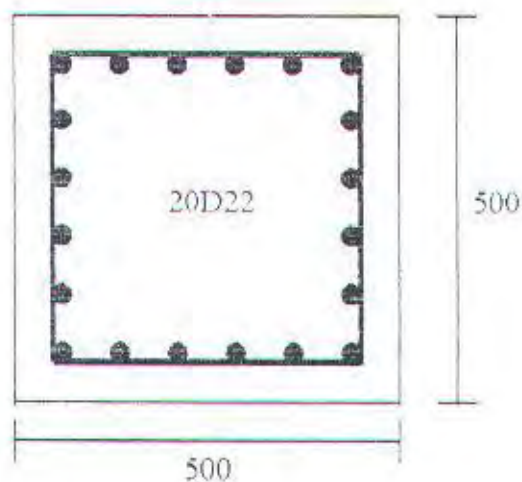
$$\frac{N_{u,k}}{\phi * A_g * 0,85 * f_c'} = \frac{1.082.156}{0,8 * 500 * 500 * 0,85 * 30} = 0,2829$$

$$\frac{\delta b * M_{u,kx}}{\phi * A_g * 0,85 * f_c' * h} = \frac{1,097 * 263.118.000}{0,8 * 500 * 500 * 0,85 * 30 * 500} = 0,1376$$

Dari diagram interaksi M – N, F 400-30 didapat nilai $\rho = 0,028 * 1,2 = 0,0336$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho * d * h = 0,0336 * 450,5 * 500 \\ &= 7568,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan 20 D 22 ($A_s \text{ ada} = 7602,65 \text{ mm}^2$)



B. Perhitungan Penulangan Geser Kolom

Dari analisa struktur didapat nilai :

$$V_D = 4,2 \text{ KN}$$

$$V_L = 0,8 \text{ KN}$$

$$V_{Ex} = 52,7 \text{ KN}$$

$$V_{Ey} = 15,8 \text{ KN}$$

$$T_u = 2,2 \text{ KNm}$$

$$N_{u,k} = 1296,485 \text{ KN}$$

□ *Analisa Gaya Geser Rencana*

$$V_{u, k-x} = \frac{M_{u, k ax} + M_{u, k bx}}{h_a} = \frac{253,867 + 174,270}{5,0} = 85,627 \text{ KN}$$

$$V_{u, k-y} = \frac{M_{u, k ay} + M_{u, k by}}{h_a} = \frac{58,657 + 95,870}{5,0} = 30,905 \text{ KN}$$

tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u, k} = 1,05(V_{D, k} + V_{L, k} + \frac{4,0}{K} V_{E, k})$$

$$V_{u, kx} = 1,05 * (4,2 + 0,8 + 4,0 * 52,7) = 226,59 \text{ KN}$$

$$V_{u, ky} = 1,05 * (4,2 + 0,8 + 4,0 * 15,8) = 71,610 \text{ KN}$$

Jadi gaya geser rencana : $V_{u, \text{desain}} = 85,627 \text{ KN}$

Cek torsi minimum :

$$\begin{aligned} T_c &= \phi \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{20} \sum X^2 Y \right) = 0,6 \frac{\sqrt{30}}{20} \cdot 500^2 \cdot 500 \\ &= 20.539.595,91 \text{ Nmm} = 20,540 \text{ KNm} > T_u = 2,2 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Jadi torsi dapat diabaikan.

Untuk ujung kolom yang direncanakan terjadi sendi plastis, kemampuan beton menerima geser diabaikan ($V_c = 0$). Sedangkan untuk daerah lain kontribusi beton untuk menerima geser tetap diperhitungkan dengan menggunakan rumus :

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \cdot b_w \cdot d \quad \text{SKSNI 3.4.3.2}$$

$$= \left(1 - \frac{1296485}{14 * 500^2} \right) \left(\frac{\sqrt{30}}{6} \right) * 500 * 450,5$$

$$= 281,792,366 \text{ N}$$

Konsep Geser Nominal

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{85,627}{0,6} = 142,712 \text{ KN}$$

Kuat geser yang dipikul tulangan geser :

$$V_s = V_n - V_c$$

Pada daerah sendi plastis ($V_c = 0$) :

$$V_s = 142,712 - 0 = 142,712 \text{ KN}$$

$$S = \frac{A_v * f_y * d}{V_s} = \frac{2 * 78,54 * 320 * 450,5}{142,712} = 158,67 \text{ mm}$$

Pada pasal 3.14.4.4.2 SKSNI-T-15-1991-03 menjelaskan bahwa tulangan transversal pada daerah sendi plastis potensial harus dipasang dengan spasi tidak melebihi :

- $\frac{1}{4} * h = \frac{1}{4} * 500 = 125 \text{ mm}$
- $\leq 8 * 22 = 176 \text{ mm}$
- $\leq 100 \text{ mm}$

Jadi dipasang tulangan sengkang $\phi 10 - 100$

Untuk daerah diluar sendi plastis :

Karena $V_n < V_c$, jadi tidak diperlukan tulangan geser untuk menambah kekuatan, maka hanya dipasang sengkang minimum sebesar :

$$A_{v \text{ min}} = \frac{b_w * S}{3 * f_y} \rightarrow S = \frac{A_v * 3 * f_y}{b_w} = \frac{2 * 78,54 * 3 * 320}{500}$$

$$S = 301,6 \text{ mm} ; \quad S_{\text{max}} = d/2 = 450,5/2 = 225,5 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan sengkang $\phi 10 - 200$

5.4. PERHITUNGAN PERTEMUAN BALOK KOLOM

Dalam SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.14.6.1.1 disebutkan bahwa panel pertemuan balok kolom portal harus diproporsikan sedemikian rupa, sehingga memenuhi persyaratan kuat geser horisontal perlu (V_{jh}) dan kuat geser vertikal perlu (V_{vh}) yang berkaitan dengan terjadinya momen kapasitas pada sendi plastis kedua ujung balok yang bertemu pada kolom itu.

Gaya geser horisontal ditentukan dengan persamaan :

$$V_{jh} = C_{ki} + T_{ka} - V_{ko} \quad (\text{SKSNI 3.14-6})$$

dimana :

$$C_{ki} = T_{ki} = 0,7 \frac{M_{kap, ki}}{Z_{ki}}$$

$$T_{ka} = C_{ka} = 0,7 \frac{M_{kap, ka}}{Z_{ka}}$$

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left(\frac{L_{ki}}{L_{ki}'} M_{kap, ki} + \frac{L_{ka}}{L_{ka}'} M_{kap, ka} \right)}{0,5(H_{k, a} + H_{k, b})}$$

SKSNI-T-1991-03 pasal 3.14.6.1.1 mengasumsikan bahwa tegangan didalam tarik lentur adalah $1,25 f_y$, ditulis :

$$T = 1,25 * A_s * f_y$$

sedangkan gaya geser vertikal V_{jv} dihitung sebagai berikut :

$$V_{jv} = \left(\frac{h_c}{b_j} \right) . V_{jh}$$

dalam hal ini lebar efektif join (b_j) harus dihitung sebagai berikut :

1. Apabila $b_c > b_b$, maka b_j diambil nilai yang terkecil dari :

$$b_j \leq b_c$$

$$\leq bb + hc/2$$

2. Apabila $bc < bb$, maka b_j diambil nilai yang terkecil dari :

$$b_j \leq bb$$

$$\leq bc + hc/2$$

Kontrol tegangan geser horisontal nominal dalam join adalah :

$$v_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_j \cdot hc} \leq 1,5 \cdot \sqrt{f_c'} \quad (\text{SKSNI 3.14.6.1-2})$$

Sedang gaya geser horisontal V_{jh} ditahan oleh 2 (dua) mekanisme kuat geser inti join :

- Strat beton diagonal yang melewati daerah-daerah tekan ujung join yang memikul gaya geser V_{ch} .
- Mekanisme panel rangka yang terdiri dari sengkang horisontal dan strat beton diagonal daerah tarik join yang memikul gaya geser V_{sh} .

Besar V_{ch} harus diambil sama dengan nol, kecuali :

- Tegangan tekan rata-rata minimal pada penampang bruto kolom beton di atas join termasuk tegangan prategang, apabila ada melebihi nilai $0,1 f_c'$ maka :

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_g} \right) - 0,1 \cdot f_c'} \cdot b_j \cdot hc$$

- Seluruh balok join dirancang sehingga penampang kritis dari sendi plastis terletak pada jarak yang lebih kecil dari tinggi penampang balok diukur dari muka kolom, maka :

$$V_{ch} = 0,5 \frac{A_s'}{A_s} V_{jh} \left(1 + \frac{N_{u,k}}{0,4 \cdot A_g \cdot f_c'} \right)$$

dimana :

$$\frac{As'}{As} < 1$$

sedangkan :

$$V_{sh} = V_{jh} - V_{ch}, \text{ dan luas tulangan geser horisontal efektif } (A_{jh})$$

$$A_{jh} = \frac{V_{jh}}{f_y}, \text{ yang harus didistribusikan secara merata diantara tulangan balok longitudinal atas dan bawah.}$$

Untuk menentukan luas efektif dari tulangan geser horisontal yang melewati bidang diatas diagonal dan diletakkan didaerah lebar join efektif b_j adalah :

$$A_{jv} \geq \frac{V_{sv}}{f_y} \quad (\text{SKSNI 3.14-17})$$

dimana :

$$V_{sv} = V_{jv} - V_{cv} \quad (\text{SKSNI 3.14-15})$$

Adapun kuat geser vertikal yang dipikul oleh beton dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_{cv} = A_{sc}' \cdot \frac{V_{jh}}{A_{sc}} \left(0,6 + \frac{N_{u,k}}{A_g \cdot f_c'} \right)$$

Apabila terdapat tegangan aksial tarik pada seluruh penampang kolom yang bernilai kurang dari satu (1) atau sama dengan $0,2 f_c'$, maka nilai V_{cv} harus diinterpolasi linier antara nilai yang diberikan oleh persamaan di atas sampai dengan nilai nol, dengan asumsi bahwa nilai $N_{u,k}$ sama dengan nol.

Sedang apabila diinginkan terjadi sendi plastis pada kolom diatas dan dibawah join sebagai bagian dari mekanisme disipasi energi utama maka V_{cv} harus sama dengan nol untuk seluruh nilai gaya aksial yang bekerja pada kolom.

Tulangan geser join vertikal ini harus terdiri dari tulangan kolom antara yang terletak pada bidang lentur antara ujung tulangan sisi luar atau terdiri dari sengkang

pengikat vertikal atau tulangan vertikal khusus yang diletakkan dalam kolom harus dijangkarkan secukupnya untuk meneruskan gaya tarik yang disyaratkan kedalam join. Jarak antara tulangan join vertikal pada tiap bidang balok yang menuju ke join, tidak boleh melebihi 200 mm dan minimum terdapat satu batang tulangan kolom antara pada tiap sisi kolom.

Sedangkan tulangan balok yang berakhir di dalam suatu kolom harus diteruskan hingga sisi muka terjauh dari inti kolom terkekang dan mempunyai panjang penyaluran yang cukup.

□ Contoh Perhitungan Beam – Column Joint

Data Balok :

Arah X :

- dimensi balok : $b = 300 \text{ mm}$ $l_{ki} = 3 \text{ m};$ $l_{ka} = 7 \text{ m}$
 $h = 500 \text{ mm}$ $l_{kin} = 2,5 \text{ m};$ $l_{kan} = 6,5 \text{ m}$
- $M_{kap,b \text{ ki}} = 205,947 \text{ KNm}$
- $M_{kap,b \text{ kn}} = 321,693 \text{ KNm}$
- $Z_{kx} = d - \frac{a}{2} = 404,04 \text{ mm}$

Arah Y :

- dimensi balok : $b = 250 \text{ mm}$ $l_{ki} = 0 \text{ m};$ $l_{ka} = 3,6 \text{ m}$
 $h = 400 \text{ mm}$ $l_{kin} = 0 \text{ m};$ $l_{kan} = 3,1 \text{ m}$
- $M_{kap,b \text{ ki}} = 0 \text{ KNm}$
- $M_{kap,b \text{ kn}} = 130,799 \text{ KNm}$
- $Z_{ky} = d - \frac{a}{2} = 330,42 \text{ mm}$

Data Kolom :

- dimensi kolom : $b = 500 \text{ mm}$
 $h = 500 \text{ mm}$
- $h_{ka} = 4,0 \text{ m}$

- $h_{kb} = 5,5 \text{ m}$
- $N_u = 1.119.400 \text{ N}$

Analisa Gaya Dalam Joint :

Arah X :

$$\begin{aligned}
 V_{kol} &= \frac{0,7 \left(\frac{l_{ki}}{l_{ki,n}} M_{kap,b,ki} + \frac{l_{ka}}{l_{ka,n}} M_{kap,b,ka} \right)}{0,5(h_{k,a} + h_{k,b})} \\
 &= \frac{0,7 \left(\frac{3}{2,5} 205,947 + \frac{7}{6,5} 321,693 \right)}{0,5(4 + 5,5)} \\
 &= 87,474 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$C_{ki} = T_{ki} = 0,7 \frac{M_{kap,ki}}{Z_{ki}} = 0,7 \frac{205,947 \cdot 10^6}{404,04} = 356.804 \text{ N}$$

$$C_{ka} = T_{ka} = 0,7 \frac{M_{kap,ka}}{Z_{ka}} = 0,7 \frac{321,693 \cdot 10^6}{404,04} = 557.334 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_{jhx} &= C_{ki} + C_{ka} - V_{kol} \\
 &= 356,804 + 557,334 - 87,474 = 826,664 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Arah Y :

$$\begin{aligned}
 V_{kol} &= \frac{0,7 \left(\frac{l_{ki}}{l_{ki,n}} M_{kap,b,ki} + \frac{l_{ka}}{l_{ka,n}} M_{kap,b,ka} \right)}{0,5(h_{k,a} + h_{k,b})} \\
 &= \frac{0,7 \left(0 + \frac{3,6}{3,1} 130,799 \right)}{0,5(4 + 5,5)} \\
 &= 22,385 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$C_{ki} = T_{ki} = 0$$

$$C_{ka} = T_{ka} = 0,7 \frac{M_{kap,ka}}{Z_{ka}} = 0,7 \frac{130,799 \cdot 10^6}{330,42} = 277.100 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_{jhy} &= C_{ki} + C_{ka} - V_{kol} \\
 &= 0 + 277,100 - 22,385 = 254,715 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Karena $V_{jhy} < V_{jh x}$, maka yang menentukan adalah $V_{jh x} = 826,664 \text{ KN}$.

$$V_{jv} = \left(\frac{b_j}{h_c} \right) V_{jh} = \left(\frac{500}{500} \right) 826,664 = 826,664 \text{ KN}$$

Kontrol tegangan horizontal yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 v_{jh} &= \frac{V_{jh}}{b_j \cdot h_c} \leq 1,5 \cdot \sqrt{f_c'} \\
 &= \frac{826.664}{500 \cdot 500} = 3,307 \text{ MPa} < 1,5 \cdot \sqrt{30} = 8,22 \text{ MPa} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

5.4.1. Penulangan Geser Horizontal

$$\frac{N_u}{A_g} = \frac{1.119.400}{500 \cdot 500} = 4,48 \text{ MPa} > 0,1 \cdot f_c' = 3,0 \text{ MPa}$$

Jadi V_{ch} dihitung menurut rumus dari SKSNI 1991 pasal 3.14.6-1.4 :

$$\begin{aligned}
 V_{ch} &= \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_g} \right) - 0,1 \cdot f_c'} \cdot b_j \cdot h_c \\
 &= \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1.119.400}{500 \cdot 500} - 0,1 \cdot 30} \cdot 500 \cdot 500 \\
 &= 202.594,28 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_{sh} = V_{jh} - V_{ch} = 826,664 - 202,594 = 624,070 \text{ KN}$$

$$A_{jh} = \frac{V_{sh}}{f_y} = \frac{624.070}{320} = 1950,22 \text{ mm}^2$$

digunakan sengkang tampang empat dengan $\phi 10$, $A_s = 78,54 \text{ mm}^2$

Luas yang tersedia $4 \phi 10 = 314,16 \text{ mm}^2$

Jumlah lapis sengkang = $\frac{1950,22}{314,16} = 6,21 \approx 7$ lapis

5.4.2. Penulangan Geser Vertikal

$$V_{cv} = A_{sc}' \cdot \frac{V_{jh}}{A_{sc}} \left(0,6 + \frac{N_{u,k}}{A_g \cdot f_c'} \right) \rightarrow \frac{A_{sc}'}{A_{sc}} = 1$$

$$= 826,664 * 1 \left(0,6 + \frac{1.119.400}{500.500.30} \right) = 619,381 \text{ KN}$$

$$V_{jv} = 826,664 \text{ KN}$$

$$V_{su} = V_{jv} - V_{cv} = 826,664 - 619,381$$

$$= 207,283 \text{ KN}$$

$$A_{jv} = \frac{V_{su}}{f_y} = \frac{207.283}{320} = 647,76 \text{ mm}^2$$

digunakan sengkang tampang dua dengan $\phi 10$, $A_s = 78,54 \text{ mm}^2$

Luas yang tersedia $2 \phi 10 = 157,08 \text{ mm}^2$

Jumlah lapis sengkang = $\frac{647,76}{157,08} = 4,12 \approx 5$ lapis

5.5. PENULANGAN DINDING GESER

Penulangan dinding geser atau shear wall dalam gedung sangat berguna dalam menahan geser dan momen yang terjadi akibat gaya lateral akibat beban gempa. Dinding geser dirancang sedemikian rupa sehingga memenuhi batasan-batasan dari Standar Beton 1991, dimana daya dukung aksial dinding ditentukan dengan metode empirik.

Kuat beban aksial rencana ΦP_{nw} dinding dihitung berdasarkan persamaan 3.7.1 SKSNI '91 yaitu :

$$\phi P_{nw} = 0,55 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot A_g \left(1 - \left(\frac{k \cdot l_c}{32 \cdot h} \right)^2 \right)$$

dimana :

$$\phi = 0,70$$

$$k = \text{faktor penampang efektif}$$

$$= 0,80 \text{ untuk dinding dikekang terhadap rotasi pada salah satu atau kedua ujungnya.}$$

$$l_c = \text{jarak vertikal antara dua tumpuan}$$

Sedangkan kuat geser V_n pada sembarang penampang horisontal terhadap geser dalam bidang dinding tidak boleh melebihi persamaan = $\left(5x \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \cdot h \cdot d$

Kuat geser beton V_c diambil nilai terkecil dari dua persamaan :

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{4} \right) h \cdot d + \frac{N_u \cdot d}{4 l_w}$$

Atau :

$$V_c = \left(\left(\frac{\sqrt{f_c'}}{2} + \frac{l_w \cdot \left(\sqrt{f_c'} + 2 \frac{N_u}{l_w \cdot h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right) + 10 \right) \cdot h \cdot d$$

Dimana N_u adalah negatif untuk tarik, dan tidak berlaku bila $\left(\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2} \right)$ bernilai negatif.

Nilai V_c tidak boleh lebih kecil dari $\left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \cdot h \cdot d$ SKSNI 3.4.10(5)

Rasio tulangan geser vertikal terhadap luas bruto penampang horisontal beton tidak boleh kurang dari :

$$\rho = 0,0025 + 0,5 \cdot \left(2,5 - \frac{h_w}{l_w} \right) \cdot (\rho_h - 0,0025)$$

ataupun 0,0025 tetapi tidak lebih besar dari tulangan geser horisontal perlu, sedangkan spasi tidak boleh lebih dari $\frac{l_w}{3}$, 3.h atau 500 mm.

Sedangkan berdasarkan pasal 3.7.5-3.1 tebal dinding tidak boleh kurang dari $1/25$ tinggi atau panjang komponen pendukung, diambil yang terkecil, dan tidak boleh kurang dari 100 mm.

Perencanaan shear wall, untuk penyederhanaan dianggap memenuhi SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.7.5, sehingga dalam perhitungannya menggunakan metode empirik.

□ Contoh Perhitungan Penulangan Dinding Geser :

Dengan mengambil contoh dinding geser lantai 1 (nomor shell 1), langkah-langkah perhitungan penulangan dinding geser dilakukan sebagai berikut :

Dari data analisa struktur SAP 90 didapat nilai :

$$P_u = 482.550 \text{ N}$$

$$V_u = 220.730 \text{ N}$$

$$M_u = 1.715,30 \text{ Nm}$$

$$l_w = 3000 \text{ mm}$$

$$d = 0,8 \times 3000 = 2400 \text{ mm} \quad (\text{SKSNI '91 pasal 3.4.10.4})$$

Panjang dinding geser $l_w = 3,0 \text{ m}$ dan tebal rencana dinding $h = 250 \text{ mm}$, sementara tebal minimum yang disyaratkan adalah :

$$\begin{aligned} h_{\min} &\geq \frac{1}{25} \times 3000 = 120 \text{ mm} \\ &\geq 100 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots (\text{OK}) \end{aligned}$$

Kuat beban aksial dinding geser :

$$\begin{aligned} \phi P_{nw} &= 0,55 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot A_g \left(1 - \left(\frac{k l_c}{32 h} \right)^2 \right) \\ &= 0,55 \times 0,7 \times 30 \times 250 \times 3000 \times \left(1 - \left(\frac{0,8 \times 5500}{32 \times 250} \right)^2 \right) \end{aligned}$$

$$= 6.042.093,75 \text{ N} > P_u = 482.550 \text{ N}$$

Sedangkan kuat geser yang diijinkan pada sembarang penampang horisontal adalah :

$$\begin{aligned} V_c &= \left(5x \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \cdot h \cdot d \\ &= \left(5x \frac{\sqrt{30}}{6} \right) \cdot 250 \cdot 2400 \\ &= 2.738.612,79 \text{ N} > V_u = 220.730 \text{ N} \end{aligned}$$

5.5.1. Penulangan Horisontal Dinding Geser

Kuat geser yang disediakan beton :

$$\begin{aligned} V_c &= \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{4} \right) \cdot h \cdot d + \frac{N_u \cdot d}{4 \cdot l_w} \\ &= \left(\frac{\sqrt{30}}{4} \right) \cdot 250 \cdot 2400 + \frac{482.550 \cdot 2400}{4 \cdot 3000} \\ &= 918.093,84 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena nilai :

$$\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2} = \frac{1.715.300}{220.730} - \frac{3000}{2} = -1422,3, \text{ maka persamaan ke 2 tidak berlaku.}$$

diambil nilai V_c terkecil :

$$\begin{aligned} V_c &= 918.093,84 \text{ N} \\ V_n &= \frac{220.730}{0,65} = 339.584 \text{ N} \end{aligned}$$

Kondisi $V_n < V_c$ jadi dipakai tulangan minimum sebesar :

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} &= 0,0025 \times 250 \times 5500 \\ &= 3.437,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan rangkap D10 ($A_s = 157,08 \text{ mm}^2$)

Jarak tulangan dipasang 2 D10 – 250 mm ($A_s \text{ pasang} = 3.455,75 \text{ mm}^2$)

Kontrol spasi tulangan :

$$\begin{aligned} S_{\max} &\leq 3 \times 250 &&= 750 \text{ mm} \\ &\leq l_w/5 &&= 3000/3 &&= 1000 \text{ mm} \\ &\leq 500 \text{ mm} &&\dots\dots\dots (\text{OK !}) \end{aligned}$$

5.5.2. Penulangan Geser Vertikal

Rasio tulangan geser vertikal minimum :

$$\rho_v = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{h_w}{l_w} \right) (\rho_h - 0,0025)$$

$$\rho_h = \frac{3.455,75}{250 \times 5500} = 0,00251$$

$$\begin{aligned} \rho_v &= 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{5500}{3000} \right) (0,00251 - 0,0025) \\ &= 0,002504 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sv} &= 0,002504 \times 250 \times 3000 \\ &= 1.878,32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan rangkap D10 ($A_s = 157,08 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} n &= \frac{1.878,32}{157,08} \\ &= 11,95 \end{aligned}$$

Jarak tulangan dipasang 2 D10 – 250 mm ($A_s \text{ pasang} = 1.884,96 \text{ mm}^2$)

5.5.3. Penulangan Lentur

Penulangan lentur pada dinding geser (shear wall) ini diberikan pada ujung-ujung dinding geser dengan memberi ketebalan pada pojok-pojok atau pertemuan elemen dinding geser dengan balok, hal ini untuk menjamin pertemuan yang monolit antara dinding geser dengan balok.

$$\begin{aligned} P_u &= 482.550 \text{ N} \\ V_u &= 220.730 \text{ N} \\ M_u &= 1.715.300 \text{ Nmm} \\ D_{ia} &= D-22 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \frac{M_u}{\phi \cdot A_g \cdot h} &= \frac{1.715.300}{0,8 \times 250 \times 3000 \times 3000} \\ &= 0,000953 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{N_u}{\phi A_g} &= \frac{482.550}{0,6 \times 250 \times 3600} \\ &= 0,80425 \end{aligned}$$

Dari tabel iterasi kolom diperoleh $\rho = 1 \%$

$$\begin{aligned} A_s &= 0,01 \times 250 \times 3000 \\ &= 7.500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang **20-D22** (A_s pasang = $7.602,65 \text{ mm}^2$)

TUGAS AKHIR

BAB VI

PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

BAB VI

PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

Perencanaan pondasi yang akan dibahas dalam bab ini meliputi : perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan, perencanaan poer (pile cap) dan perencanaan sloof (tie beam). Dalam perencanaan pondasi terdapat dua jenis pondasi umum dipakai, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal dipakai untuk struktur dengan beban relatif kecil. Untuk struktur dengan beban yang besar seperti gedung yang berlantai banyak tidak cukup dengan memakai pondasi dangkal, melainkan harus memakai pondasi dalam. Macam-macam pondasi dalam adalah : pondasi tiang pancang, tiang bor (pondasi sumuran), pondasi Caisson dan lain-lainya.

Pondasi pada gedung Kantor PT. PLN Jawa Bali II Tahap II Surabaya dalam tugas akhir ini direncanakan dengan menggunakan pondasi tiang pancang produksi PT. WIJAYA KARYA (WIKA). Dalam perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan akan digunakan data tanah hasil uji dari Standart Penetration Test (SPT).

6.1. DATA-DATA TANAH

Data-data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan penyelidikan tanah dilapangan . Adapun yang telah tersedia di lapangan yaitu data penyelidikan tanah hasil uji SPT sebanyak 2 titik data tanah.

6.2. PERENCANAAN JUMLAH TIANG PANCANG

Pada gedung ini pondasi dalam direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang sebab jenis tanah bawahyaadalah lempung lembek yang sangat kohesif, sehingga daya dukung berdasarkan kekuatan desak tanah saja tidak dapat diharapkan.

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal : yaitu daya dukung desak pada ujung tiang (Q_p) dan pengaruh lekatan di sekeliling tiang (Q_s) dimana untuk keadaan tanah lempung lembek yang sangat kohesif, pengaruh lekatan lebih dominan dari pada harga daya dukung ujung tiang pancang.

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dari nilai Q_u ini bisa ditentukan jumlah tiang pancang yang digunakan.

6.2.1. Daya Dukung Tiang

Daya dukung suatu tiang harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan dan kekuatan tanah tempat pondasi ditanam. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang.

Perhitungan daya dukung tiang pancang dilakukan dengan 2 cara yaitu :

- Hasil uji SPT (Standart Penetration Test)
- Hasil uji Sondir (CPT = Cone Penetration Test)

Perhitungan daya dukung ditinjau dari 2 keadaan, yaitu :

- Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
- Daya dukung tiang pancang dalam kelompok.

6.2.2. Daya Dukung Tiang pancang yang Berdiri Sendiri

A. Hasil Uji SPT (Standart Penetration Test)

Menurut Luciano Decourt (1982)

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p$$

dimana :

- N_p = harga rata-rata di dekat ujung tiang pancang = $(N_1 + N_2 + N_3)/3$
- K = koefesien karakteristik tanah
 - = 12 t/m^2 , untuk tanah lempung
 - = 20 t/m^2 , untuk tanah lanau berlempung
 - = 25 t/m^2 , untuk tanah lempung berlanau
 - = 40 t/m^2 , untuk tanah pasir
- A_p = luas penampang ujung tiang
- q_p = tegangan di ujung tiang

$$Q_s = q_s \cdot A_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s$$

dimana :

- q_s = tekanan akibat frottement dalam t/m^2
- N_s = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan

$$3 \leq N \leq 5$$
- A_s = keliling x panjang tiang

B. Hasil Uji Sondir (Cone Penetration test)

Menurut Meyerhow, perhitungan daya dukung tinag berdasarkan hasil data sondir harus memperhitungkan daerah tanah yang mengalami keruntuhan geser akibat penetrasi lurus atau tiang pancang pada daerah $4D$ di bawah tiang dan $4D$ diatas tiang, dimana D = diameter tiang.

Penentuan harga konus yang dipakai dalam perhitungan tidak diambil langsung dari harga konus di ujung tiang tetapi diambil dari harga konus rata-rata sepanjang daerah keruntuhan yang dihitung dengan rumus :

$$Q_c = C_n \text{ rata-rata ujung} \times A \text{ ujung}$$

("Foundation Analysis and Design" oleh J.E. Bowles bab 16.8)

Pengaruh dari lekatan tanah kohesif harus diperhitungkan sebagai tambahan kekuatan daya dukung tanah yang dihitung dengan rumus :

$$Q_s = O \times JHP$$

dimana :

- O = keliling tiang (cm)
 - JHP = jumlah hambatan pelekak (kg/cm^2)
- ("Foundation Analysis and Design" oleh J.E. Bowles bab 16.8)

Daya dukung ultimate dari satu tiang yang berdiri sendiri didapat dari penjumlahan kedua kondisi diatas :

$$Q_u = Q_c + Q_s$$

dimana :

- Q_c = daya dukung akibat perlawanan ujung
- Q_s = daya dukung akibat lekatan sepanjang keliling tiang.

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung satu tiang dibagi dengan suatu angka keamanan (safety factor).

$$\bar{P}_{\text{ijin 1 tiang}} = \frac{Q_p}{SF1} + \frac{Q_s}{SF2}$$

dimana :

- SF1 = safety factor terhadap perlawanan ujung
- SF2 = safety factor terhadap hambatan lekat

Jadi daya dukung ijin 1 tiang :

1. Hasil Uji SPT

$$\bar{P}_{\text{ijin 1 tiang}} = \frac{(\bar{N}_p \cdot K) \cdot A_p}{2} + \frac{(\bar{N}_s / 3 + 1) \cdot A_s}{3}$$

2. Hasil Uji Sondir

$$\bar{P}_{\text{ijin 1 tiang}} = \frac{A \cdot C_{n_{\text{rata-rataUjung}}}}{3} + \frac{O \cdot JHP}{5}$$

6.2.3. Daya Dukung Tiang Pancang Dalam Kelompok

$$\bar{P}_{\text{ijin kelompok}} = P_{\text{ijin 1 tiang}} \times \text{Eff}$$

Agar efisiensi tiang tidak kurang dari 1, maka jarak minimum dari as ke as pondasi tiang pancang kelompok adalah :

$$S \geq \frac{1,57 \cdot D \cdot m \cdot n - 2 \cdot D}{m + n - 2}$$

dimana :

- D = diameter tiang (m)
- m = jumlah baris
- n = jumlah tiang dalam satu baris

6.2.4. Beban Maksimum Pada Tiang Akibat M dan P

$$P_{\text{maks}} = \frac{\sum P_u}{n} + \frac{M_x \cdot X_{\text{maks}}}{\sum X^2} \leq P_{\text{ijin-kelompok}}$$

dimana :

- P_{maks} = daya dukung akibat perlawanan ujung
- $\sum P_u$ = daya dukung akibat lekatan sepanjang keliling tiang.
- M_x = momen yang terjadi pada arah X
- M_y = momen yang terjadi pada arah Y

□ Contoh Perhitungan :

Sebagai contoh perhitungan pondasi tiang pancang, diambil pondasi pada kolom tengah portal tepi, yaitu pada analisa SAP 90 adalah nomor 13 (1-C). Dimana data-data yang ada adalah sebagai berikut :

- | | |
|-------------------------|--------------------|
| - $M_{kip k}$ = 182 T.m | - M_y = 57 KNm |
| - M_x = 169 KNm | - H_y = 15,8 T |
| - H_x = 52,27 KN | - N_L = 148,9 KN |
| - N_D = 887,4 KN | - N_E = 149,9 KN |

1. Menghitung Daya Dukung Tiang pancang :

Direncanakan menggunakan tiang pancang produksi PT. Wijaya karya (WIKAWA)

Type 400-A2 dengan spesifikasi sebagai berikut (tabel terlampir) :

- | | | |
|----------------------------------|------------------------|-------------|
| - A_s = 4,62 cm ² | - M_{crack} = 5,5 Tm | = 55 KNm |
| - A_c = 929,91 m ² | - M_{ult} = 8,25 Tm | = 82,5 KNm |
| - W = 5.405,79 cm ³ | - Dia. (D) | = 400 mm |
| - Pijin 1 tiang = 112,87 T | | = 1128,7 KN |

• Hasil Uji SPT (Standart Penetration Test)

Menurut Luciano Decourt :

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 Q_p &= q_p \cdot A = (N_p \cdot K) \cdot A_p \\
 Q_s &= q_s \cdot A_s = (N_s/3 + 1) \cdot A_s
 \end{aligned}$$

dimana :

- $A_p = 1/4 \cdot \pi \cdot D^2$ D = diameter tiang
- $A_s = 1/4 \cdot D \cdot L$ L = kedalaman pancang
- N_s = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan
 $3 \leq N \leq 50$

Nilai K = 12 t/m², untuk tanah lempung
 = 20 t/m², untuk tanah lanau
 = 40 t/m², untuk tanah pasir

Untuk mendapatkan nilai daya dukung ijin pondasi dari keterangan yang diuraikan diatas maka untuk perhitungan disajikan dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada lampiran pada bagian halaman dalam laporan ini.

Dari data tabel perumusan Luciano Decourt direncanakan kedalaman tiang pancang 25 m adalah :

$$P \text{ ijin 1 tiang} = 86,86 \text{ Ton} = 868,6 \text{ KN} < P \text{ ijin bahan} = 1128,7 \text{ KN} \rightarrow \text{OK}$$

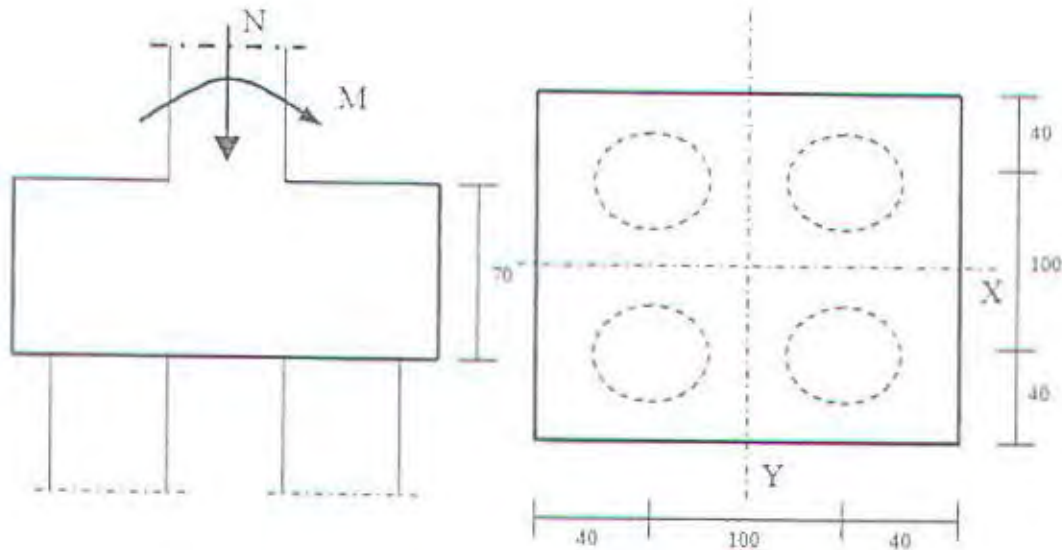
2. Perencanaan Jumlah Tiang Pancang :

$$\begin{aligned} \text{Rencana jumlah tiang} &= \frac{P_u}{P_{\text{ijin}} \cdot 1 \cdot \text{tiang}} = \frac{(N_D + N_L + N_E)}{P_{\text{ijin}} \cdot 1 \cdot \text{tiang}} \\ &= \frac{(887,4 + 148,9 + 149,9)}{868,6} = 1,36 \text{ bh} \end{aligned}$$

Dengan memperhitungkan berat poer dan gaya momen pada tiang pancang, maka direncanakan jumlah tiang = 4 bh.

3. Kemampuan Kelompok Tiang (Group Pile) :

Direncanakan dimensi pile cap dan tiang pancang :



Gambar 6.1 Penampang pondasi tiang pancang

Rencana jarak as ke as tiang pancang :

$$S > \frac{1,57 \cdot D \cdot m \cdot n - 2D}{m + n - 2}$$

$$> \frac{1,57 \times 40 \times 2 \times 2 - 2 \times 40}{2 + 2 - 2}$$

$$100 \geq 85,6 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$$

- m = jumlah baris = 2 bh

- n = jumlah TP/baris = 2 bh

- s = jarak as ke as TP = 100 cm

- D = diameter TP = 40 cm

Periksa kemampuan pondasi memikul beban :

$$\text{Berat pile cap} = 0,7 \times 1,8 \times 1,8 \times 24 = 54,432 \text{ KN}$$

$$\text{Berat tiang pancang} = 4 \times 30 \times 0,126 \times 24 = 362,88 \text{ KN}$$

$$\text{Beban Aksial kolom} = 1186,2 \text{ KN}$$

$$\Sigma V = 1603,512 \text{ KN}$$

$$\text{Banyaknya tiang satu baris arah x (nx)} = 2$$

$$\text{Jarak tiang terhadap sumbu y (x max)} = 0,5 \text{ m}$$

$$\Sigma X^2 = 4 \times (0,5)^2 = 1 \text{ m}^2$$

$$P_{\max} = \frac{\sum V}{n} + \frac{M_{\text{tx}} x^* x}{\sum x^2} + \frac{M_{\text{ty}} y^* y}{\sum y^2} = \frac{1603512}{4} + \frac{169 \times 0,5}{1} + \frac{57 \times 0,5}{1}$$

$$= 513,878 \text{ KN} < P_{\text{ijin}} = 868,6 \text{ KN} \rightarrow \text{OK}$$

Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Pancang :

$$\text{Eff} = 1 - \phi \cdot \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

$$\phi = \arctg(0,40/1,0) = 21,8$$

$$\text{Eff} = 1 - 21,8 \times \frac{(2-1) \times 2 + (2-1) \times 2}{90 \times 2 \times 2}$$

$$= 0,758$$

P_{ijin} 1 tiang dalam kelompok :

$$= \text{Eff} \times P_{\text{ijin}} 1 \text{ tiang}$$

$$= 0,758 \times 868,6 = 641,03 \text{ KN} > P_{\max} = 513,878 \text{ KN} \rightarrow \text{OK}$$

4. Kontrol Tiang Pancang Terhadap Gaya Lateral :

Tiang pancang harus mampu menahan gaya tekan aksial dan momen akibat gaya horisontal dengan cara mengubah gaya horisontal menjadi momen tambahan yang bekerja pada tiang pancang. Momen yang terjadi ini harus dicek terhadap kekuatan bending dari tiang pancang yang digunakan.

Referensi untuk mendapatkan momen akibat gaya horisontal ini adalah "Buku Pedoman Perencanaan Untuk Struktur Beton Bertulang dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983" terbitan Departemen Pekerjaan Umum, Dirjen Cipta Karya.

Tiang pancang dapat dikatakan panjang apabila panjang tiang pancang melebihi 12 m atau lebih besar dari perhitungan panjang penunjangna. Perumusan panjang penunjang adalah :

$$L = 1,69 \sqrt[3]{\frac{M_0}{R}} \quad \text{untuk tiang bulat}$$

dimana :

- L = panjang penunjang tiang
- Mo = momen luar akibat beban kerja yang menangkap ujung tiang
- R = tegangan tanah lateral yang diijinkan untu tanah lempung lunak
dipakai harga $R = 1.500 \text{ Kg/cm}^2/\text{m}$

Contoh perhitungan :

Berdasarkan jumlah kemampuan masing-masing tiang,

Gaya lateral yang bekerja pada tiang pancang kolom 1-C :

$$H_x = 52,27 \text{ KN}$$

$$H_y = 15,80 \text{ KN}$$

$$H_{\text{total}} = \sqrt{52,27^2 + 15,8^2} = 54,61 \text{ KN}$$

Momen leleh bahan $M_{ult} = 82,5 \text{ KNm}$ (brosur WKA D40 type A2), checking tiang panjang atau pendek dilakukan dengan memperhitungkan keadaan sifat tanah. Dalam hal ini diperlukan harga C_r , yaitu geser rencana dari tanah dimana dihitung dengan rumus :

$$C_r = 0,5 * C_u$$

Harga C_u diperoleh dari hasil tes triaksial $= (0,48 + 0,68)/2 = 0,58 \text{ kg/cm}^2$, maka :

$$\begin{aligned} C_r &= 0,5 * C_u & \rightarrow C_u &= \text{kohesi tanah} = 0,58 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,5 * 58 & &= 58 \text{ KN/m}^2 \\ &= 29 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

dalam satu titik terdapat 4 tiang, sehingga harga :

$$H = H_{\text{total}} / 4 = 54,61 / 4 = 13,65 \text{ KN/m}^2$$

$$f = \frac{H}{4 * C_r * D} = \frac{13,65}{4 * 29 * 0,4} = 0,294$$

$$L1 = f + 1,5 * D = 0,294 + 1,5 * 0,4 = 0,894 \text{ m}$$

$$L2 = 2,2 * L1 = 2,2 * 0,894 = 1,967 \text{ m}$$

Panjang Tiang Pancang yang ada = 30 m > 1,967 m

Jadi termasuk kategori tiang panjang.

Untuk restraint pile (tiang pancang yang ujungnya tertahan) didapatkan harga Kuat geser tanah :

$$\begin{aligned}
 H_{0 \text{ untuk 1 tiang}} &= 4 \cdot C_u \cdot D (L_1 - 1,5 \cdot D) \\
 &= 4 \cdot 58 \cdot 0,4 (1,967 - 1,5 \cdot 0,4) \\
 &= 126,887 \text{ KN} > H \text{ yang terjadi} = 13,65 \text{ KN} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Momen yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 H_u &= 13,65 \text{ KN} \\
 M &= H_u (1,5 \cdot D + 0,5 \cdot f) \\
 &= 13,65 (1,5 \cdot 0,4 + 0,5 \cdot 0,294) \\
 &= 10,197 \text{ KNm} < M \text{ bahan} = 82,5 \text{ KNm} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$



6.3. PERENCANAAN POER (PILE CAP)

Poer direncanakan terhadap gaya geser pons pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur. Untuk kolom dengan tulangan D22, panjang penyaluran l_d diambil yang menentukan dibawah ini :

$$\begin{aligned} L_d &= 0,02 * A_b * f_y / \sqrt{f_c'} \\ &= 0,02 * 380,13 * 400 / \sqrt{30} = 555,22 \text{ mm (menentukan)} \\ l_d &= 0,06 * d_b * f_y \\ &= 0,06 * 22 * 400 = 528 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan panjang penyaluran dari batang tulangan kolom tersebut diatas maka direncanakan tebal poer = 700 mm. Pertimbangan lain dalam menentukan tebal poer adalah geser pons yang terjadi.

6.3.1. Kontrol Geser Pada Pons

Dalam merencanakan tebal poer harus dipenuhi bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Berdasarkan SKSNI 1991 pasal 3.4.11 butir 2.

Harga V_n tidak boleh lebih besar dari V_c

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) b_o \cdot d \quad \text{atau}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

dimana :

$$\begin{aligned} \beta &= \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek dari beban terpusat} \\ &= \frac{500}{500} = 1,0 \quad (\text{kolom bujur sangkar}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_o &= \text{keliling penampang kritis poer} \\ &= 2 \cdot (b_k + d) + 2 \cdot (h_k + d) \end{aligned}$$

$$P_u = 1,2ND + 1,6NL = 1303,12 \text{ KN}$$

Diameter tulangan pokok direncanakan D19, decking = 100 mm

$$d = 700 - (100 + 19/2) = 590,5 \text{ mm}$$

➤ Contoh Perhitungan Geser Pons pada Poer

Data-data poer dan gaya dalam yang bekerja :

- Beban Pu = 1303,12 KN
- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Tebal poer (h) = 700 mm
- D tul. utama = 19 mm
- decking = 100 mm
- tinggi efektif (d) = $700 - (100 - 19/2) = 590,5$ mm
- keliling penampang kritis (b_o):

$$= 2 (500 + 500 + 2 \cdot 590,5)$$

$$= 4362 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = \left(1 + \frac{2}{1,0}\right) \times \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \times 4362 \times 590,5$$

$$= 7.054.012 \text{ N}$$

$$= 7.054,012 \text{ KN}$$

$$V_{c2} = \frac{1}{3} \sqrt{30} \times 4.362 \times 590,5$$

$$= 4.702.674,6 \text{ N}$$

$$= 4.702,6746 \text{ KN} \quad \dots\dots\dots (\text{menentukan})$$

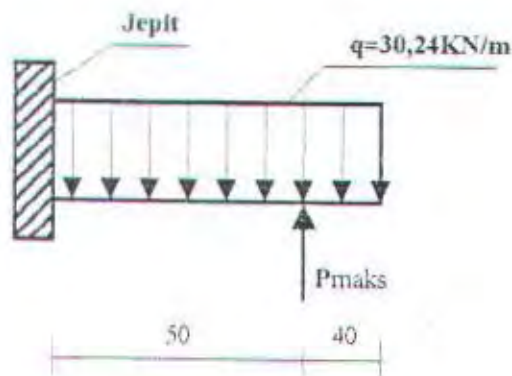
$$\phi V_c = 0,6 \times 4.702,675$$

$$= 2.821,6 \text{ KN} > V_u = 1303,12 \text{ KN} \rightarrow \dots\dots \text{OK}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer (1,8 x 1,8 x 0,7) telah memenuhi syarat terhadap geser pons.

6.3.2. Penulangan Lentur

Untuk perhitungan penulangan lentur poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang sebesar P dan berat sendiri poer sebesar q . Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika teknik tertentu



Gambar 6.2 Asumsi Perencanaan Poer

dimana :

$$P_{maks} = 513,878 \text{ KN}$$

$$q = 1,8 \times 0,7 \times 24 = 30,24 \text{ KN/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= (2 \cdot P_{maks}) \cdot 0,5 - 1/2 \cdot q \cdot l^2 \\ &= (2 \times 513,878) \times 0,5 - 1/2 \times 30,24 \times (0,9)^2 \\ &= 501,631 \text{ KNm} = 501,631 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

• Penulangan Arah X :

$$d_x = 700 - 100 - 19/2 = 590,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{501,631 \times 10^6}{0,8 \times 1.600 \times 590,5^2} \\ &= 0,999 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$m = 15,686$$

$$\rho = \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,999}{400}} \right]$$

$$= 0,00255 < \rho_{\min} = 0,0035$$

$$A_s = 0,0035 \times 1.800 \times 590,5$$

$$= 3.720,15 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 14 D19 ($A_s = 3.969,4 \text{ mm}^2$)

Jarak pemasangan :

$$= \frac{(1.800 - (2 \times 100))}{14 - 1} = 123,08 \text{ mm}$$

Jadi dipasang D19 – 110 mm

• Penulangan Arah Y :

$$d_y = 700 - 100 - 19 - 19/2 = 571,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$= \frac{501,631 \times 10^6}{0,8 \times 1.800 \times 571,5^2}$$

$$= 1,067 \text{ MPa}$$

$$m = 15,686$$

$$\rho = \frac{1}{15,686} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 1,067}{400}} \right]$$

$$= 0,00273 < \rho_{\min} = 0,0035$$

$$A_s = 0,0035 \times 1.800 \times 571,5$$

$$= 3.600,45 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 14 D19 ($A_s = 3.969,4 \text{ mm}^2$)

Jarak pemasangan :

$$= \frac{(1.800 - (2 \times 100))}{14 - 1} = 123,08 \text{ mm}$$

Jadi dipasang D19 – 110 mm

6.3.3. Perhitungan Geser Pada Penampang Kritis

Geser terjadi pada daerah kritis kolom harus dikontrol. Apabila geser yang terjadi lebih besar dari geser nominal beton, maka dibutuhkan tulangan geser yang diambil dari bengkokkan tulangan utama D19 dalam arah vertikal.

$$\text{Tulangan geser} = \text{D19}, \quad A_v = 4 \times 283,53 = 1134,12 \text{ mm}^2$$

$$P \text{ maks. 1 tiang} = 868,6 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} \text{Penampang kritis} &= (b_k + d) / 2 \\ &= (500 + 590,5) / 2 \\ &= 545,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Decking} = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 2 \times P_{\text{maks}} - q \cdot L \\ &= (2 \times 868,6) - (30,24 \times 0,9) \\ &= 1.709,984 \text{ KN} = 1.709.984 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \times 1.800 \times 590,5 \\ &= 582.174,31 \text{ N} = 582.174 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= V_u - V_c \\ &= \frac{1.709.984}{0,6} - 582.174,31 = 2.267.799,023 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{1134,12 \times 400 \times 590,5}{2.267.799,023} = 118,12 \text{ mm} \end{aligned}$$

S_{pasang} pada perhitungan penulangan lentur adalah

$$\bullet S_{pasang} \text{ arah } X = \text{dipasang D19} - 110 \text{ mm} < S_{perlu} \quad \dots \text{OK!}$$

$$\bullet S_{pasang} \text{ arah } Y = \text{dipasang D19} - 110 \text{ mm} < S_{perlu} \quad \dots \text{OK!}$$

6.4. PERENCANAAN SLOOF (TIE BEAM)

Beban-beban yang diterima oleh sloof antara lain berat sendiri sloof, berat tembok, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10 % beban aksial kolom (PPSBBSTBUG '83 - 6.9.2)

6.4.1. Dimensi Sloof

Penentuan dimensi dari sloof dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan tarik ijin beton yaitu sebesar

$$f_r = f_{ct} = 0,70 \cdot \sqrt{f_c'} \quad (\text{PB '89 psl. 9.5.2.3})$$

➤ Contoh Perhitungan Sloof :

Data perencanaan

$$P_u = 1303,12 \times 10 \%$$

$$= 130,312 \text{ KN} = 130,312 \text{ N}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Tegangan tarik ijin

$$f_r = 0,70 \cdot \sqrt{30}$$

$$= 3,834 \text{ MPa}$$

$$f_{r \text{ ada}} = \frac{P_u}{0,8 \cdot b \cdot h} = \frac{130,312}{0,8 \times 300 \times 500}$$

$$= 1,086 \text{ MPa} < 3,834 \text{ MPa} \quad \dots \text{OK!}$$

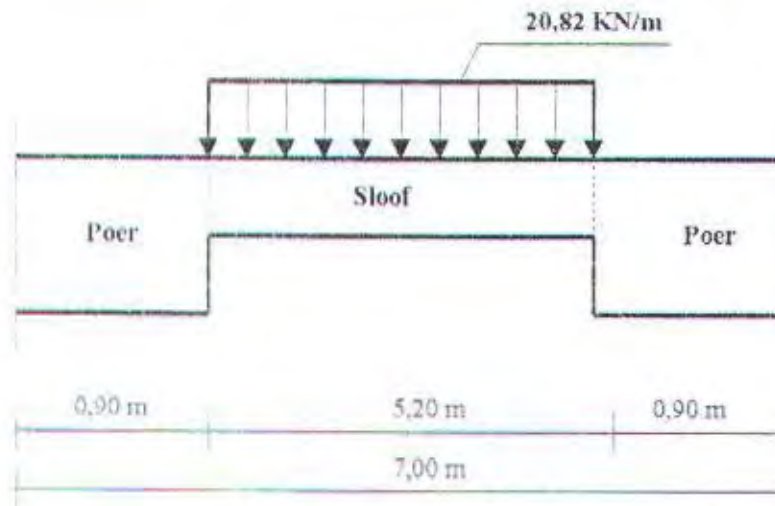
6.4.2. Penulangan Lentur Sloof

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan. Beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur, sehingga penulangannya diidealisasikan seperti halnya penulangan pada kolom.

Adapun beban pada sloof :

- berat sendiri $= 0,3 \times 0,5 \times 24 = 3,6 \text{ KN/m}$
- beban tembok $\frac{1}{2}$ bata $= 2,50 \times 5,5 = 13,75 \text{ KN/m}$

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 (3,6 + 13,75) \\ &= 20,82 \text{ KN/m} \end{aligned}$$



Gambar 6.3 Pembebanan pada sloof

$$\begin{aligned} M_u &= 1/12 \cdot q \cdot l^2 \\ &= 1/12 \times 20,82 \times (5,2)^2 \\ &= 46,914 \text{ KNm} = 46,914 \times 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{A_g} = \frac{130.312}{300 \times 500} = 0,869$$

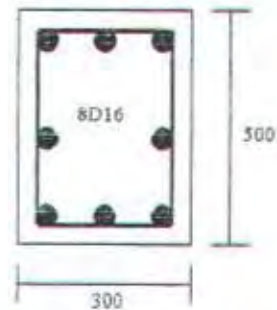
$$\frac{M_u}{A_g \cdot h} = \frac{46,914 \times 10^6}{300 \times 500 \times 500} = 0,625$$

Dari tabel iterasi kolom dengan $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c' = 30 \text{ MPa}$ dan $\mu = 0,8$ diperoleh :

$$\begin{aligned}\rho &= 0,01 \\ A_s &= \rho \times b \times h \\ A_s &= 0,01 \times 300 \times 500 \\ &= 1.500 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Pakai tulangan D-16 ($A_s = 491 \text{ mm}^2$)

Dipasang 8D-16 ($A_s \text{ terpasang } 1.608 \text{ mm}^2$)



Gambar 6.4. Penampang sloof

6.4.3. Penulangan Geser

Besarnya gaya geser pada sloof :

$$q_u = 20,82 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}V_u &= 1/2 \times 20,82 \times 5,2 \\ &= 54,132 \text{ KN} = 54.132 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_n &= 54.132/0,6 \\ &= 90.220 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d &= 500 - 50 - 8 \\ &= 442 \text{ mm}\end{aligned}$$

Kuat geser nominal yang mampu dipikul oleh beton (V_c) :

$$\begin{aligned}V_c &= \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot b_w \cdot d \left[1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right] \\ &= \frac{\sqrt{30}}{6} \times 300 \times 442 \times \left[1 + \frac{130 \cdot 312}{14 \times 300 \times 500} \right] \\ &= 128.558,04 \text{ N} > V_n = 90.220 \text{ N}\end{aligned}$$

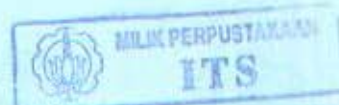
Pakai sengkang minimum !

$$\begin{aligned}S &= d/2 = 442/2 \\ &= 221 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dipakai sengkang $\phi 8 - 200 \text{ mm}$

TUGAS AKHIR

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR PUSTAKA

1. Chu Kia Wang, Charles G. Salmon, Binsa Hariandja " Desain Beton Bertulang jilid1 dan 2 " Edisi empat , penerbit Erlangga.
2. Departemen Pekerjaan Umum " Pedomen Beton Bertulang 1989",Penerbit Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan , Dirjen Cipta Karya Jakarta.
3. Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Cipta Karya " Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 NI 2 "
4. Departemen Pekerjaan Umum " Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung 1983 ", Penerbit yayasan Badan Penerbit , Pekerjaan Umum 1987.
5. W.C. Vis, " Gideon Kusuma " Buku seri 1,2,3, dan 4 , Penerbit Erlangga 1995.
6. "Analisa dan Desain Pondasi "Joseph E. Bowles.
7. Standart " Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung " SK SNI T 15 - 1991 - 03.
8. "Peraturan Pembebanan Indinesia Untuk Gedung 1983 " Deparetemen Pekerjaan Umum
9. "Buku Pedoman Perencanaan untuk Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983 " Departemen Pekerjaan Umum

TUGAS AKHIR

LAMPIRAN

ANALISA STRUKTUR UTAMA 3-D (T-M)

LAPORAN TUGAS AKHIR

GEDUNG KANTOR PT. PLN JAWA BALI II TAHAP II

OLEH : HERWAN WIDIYANTO

NRP : 3197 109 526

SYSTEM

L=4

JOINTS

C LANTAI DASAR

1 X=0 Y=0 Z=0

12 X=39.6 Y=0 Z=0 G=1,12,1

13 X=0 Y=7 Z=0

24 X=39.6 Y=7 Z=0 G=13,24,1

25 X=0 Y=10 Z=0

36 X=39.6 Y=10 Z=0 G=25,36,1

37 X=0 Y=17 Z=0

48 X=39.6 Y=17 Z=0 G=37,48,1

C LANTAI 1

49 X=0 Y=0 Z=5.5

60 X=39.6 Y=0 Z=5.5 G=49,60,1

61 X=0 Y=7 Z=5.5

72 X=39.6 Y=7 Z=5.5 G=61,72,1

73 X=0 Y=10 Z=5.5

84 X=39.6 Y=10 Z=5.5 G=73,84,1

85 X=0 Y=17 Z=5.5

96 X=39.6 Y=17 Z=5.5 G=85,96,1

337 X=0 Y=-1.5 Z=5.5

348 X=39.6 Y=-1.5 Z=5.5 G=337,348,1

349 X=0 Y=18.5 Z=5.5

360 X=39.6 Y=18.5 Z=5.5 G=349,360,1

C LANTAI 2

97 X=0 Y=0 Z=9.5

108 X=39.6 Y=0 Z=9.5 G=97,108,1

109 X=0 Y=7 Z=9.5

120 X=39.6 Y=7 Z=9.5 G=109,120,1

121 X=0 Y=10 Z=9.5

132 X=39.6 Y=10 Z=9.5 G=121,132,1

133 X=0 Y=17 Z=9.5

144 X=39.6 Y=17 Z=9.5 G=133,144,1

361 X=0 Y=-1.5 Z=9.5

372 X=39.6 Y=-1.5 Z=9.5 G=361,372,1

373 X=0 Y=18.5 Z=9.5

384 X=39.6 Y=18.5 Z=9.5 G=373,384,1

C LANTAI 3

145 X=0 Y=0 Z=13.5

156 X=39.6 Y=0 Z=13.5 G=145,156,1

157 X=0 Y=7 Z=13.5

168 X=39.6 Y=7 Z=13.5 G=157,168,1

169 X=0 Y=10 Z=13.5

180 X=39.6 Y=10 Z=13.5 G=169,180,1

181 X=0 Y=17 Z=13.5

192 X=39.6 Y=17 Z=13.5 G=192,192,1
 385 X=0 Y=-1.5 Z=13.5
 396 X=39.6 Y=-1.5 Z=13.5 G=385,396,1
 397 X=0 Y=18.5 Z=13.5
 408 X=39.6 Y=18.5 Z=13.5 G=397,408,1

C LANTAI 4

193 X=0 Y=0 Z=17.5
 204 X=39.6 Y=0 Z=17.5 G=193,204,1
 205 X=0 Y=7 Z=17.5
 216 X=39.6 Y=7 Z=17.5 G=205,216,1
 217 X=0 Y=10 Z=17.5
 228 X=39.6 Y=10 Z=17.5 G=217,228,1
 229 X=0 Y=17 Z=17.5
 240 X=39.6 Y=17 Z=17.5 G=229,240,1
 409 X=0 Y=-1.5 Z=17.5
 420 X=39.6 Y=-1.5 Z=17.5 G=409,420,1
 421 X=0 Y=18.5 Z=17.5
 432 X=39.6 Y=18.5 Z=17.5 G=421,432,1

C LANTAI 5

241 X=0 Y=0 Z=21.5
 252 X=39.6 Y=0 Z=21.5 G=241,252,1
 253 X=0 Y=7 Z=21.5
 264 X=39.6 Y=7 Z=21.5 G=253,264,1
 265 X=0 Y=10 Z=21.5
 276 X=39.6 Y=10 Z=21.5 G=265,276,1
 277 X=0 Y=17 Z=21.5
 288 X=39.6 Y=17 Z=21.5 G=277,288,1
 433 X=0 Y=-1.5 Z=21.5
 444 X=39.6 Y=-1.5 Z=21.5 G=433,444,1
 445 X=0 Y=18.5 Z=21.5
 456 X=39.6 Y=18.5 Z=21.5 G=445,456,1

C LANTAI ATAP

289 X=0 Y=0 Z=25.5
 300 X=39.6 Y=0 Z=25.5 G=289,300,1
 301 X=0 Y=7 Z=25.5
 312 X=39.6 Y=7 Z=25.5 G=301,312,1
 313 X=0 Y=10 Z=25.5
 324 X=39.6 Y=10 Z=25.5 G=313,324,1
 325 X=0 Y=17 Z=25.5
 336 X=39.6 Y=17 Z=25.5 G=325,336,1
 457 X=0 Y=-1.5 Z=25.5
 468 X=39.6 Y=-1.5 Z=25.5 G=457,468,1
 469 X=0 Y=18.5 Z=25.5
 480 X=39.6 Y=18.5 Z=25.5 G=469,480,1

RESTRAINTS

1 48 1 R=1,1,1,1,1,1
 49 480 1 R=0,0,0,0,0,0

FRAME

NM=6 NL=36

C DATA SIFAT MATERIAL & PENAMPANG

1 E=2.574E6 SH=R T=0.5,0.5 : KOLOM DASAR & L1
 2 E=2.574E6 SH=R T=0.45,0.45 : KOLOM L2 & L3

```

3 E=2.574E6 SH=R T=0.4,0.4 : KOLOM L4 & L5
4 E=2.574E6 SH=R T=0.35,0.6 : BALOK MELINTANG
5 E=2.574E6 SH=R T=0.3,0.5 : BALOK MELINTANG ATAP
6 E=2.574E6 SH=R T=0.25,0.4 : BALOK MEMANJANG
C DATA BEBAN MATI MERATA LANTAI ATAP
1 WG=0,0,-0.8888 : BALOK AS B & E
2 WG=0,0,-1.0580 : BALOK AS C & D
3 WG=0,0,-0.5238 : KONSOL UJUNG
4 WG=0,0,-0.6147 : BALOK AS BC & DE TEPI
5 WG=0,0,-0.5928 : BALOK CD TEPI
6 WG=0,0,-0.6876 : KONSOL TENGAH
7 WG=0,0,-1.5094 : BALOK BC & DE TENGAH
8 WG=0,0,-1.0656 : BALOK CD TENGAH
C DATA BEBAN HIDUP MERATA LANTAI ATAP
9 WG=0,0,-0.2059 : BALOK AS B & E
10 WG=0,0,-0.2597 : BALOK AS C & D
11 WG=0,0,-0.0520 : KONSOL UJUNG
12 WG=0,0,-0.1825 : BALOK AS BC & DE TEPI
13 WG=0,0,-0.1120 : BALOK CD TEPI
14 WG=0,0,-0.1040 : KONSOL TENGAH
15 WG=0,0,-0.3649 : BALOK BC & DE TENGAH
16 WG=0,0,-0.2240 : BALOK CD TENGAH
C DATA BEBAN MATI MERATA LANTAI 1 S/D 5
17 WG=0,0,-1.8744 : BALOK AS B & E
18 WG=0,0,-1.0722 : BALOK AS C DEPAN TANGGA
19 WG=0,0,-2.0703 : BALOK AS C & D
20 WG=0,0,-0.9477 : KONSOL UJUNG
21 WG=0,0,-2.0501 : BALOK AS BC & DE TEPI
22 WG=0,0,-1.7962 : BALOK CD TEPI
23 WG=0,0,-0.8914 : KONSOL TENGAH
24 WG=0,0,-1.3384 : BALOK CD TENGAH
25 WG=0,0,-2.7212 : BALOK BC & DE TENGAH TANPA DINDING
26 WG=0,0,-1.1953 : BALOK BC & DE TENGAH DENGAN DINDING
C DATA BEBAN HIDUP MERATA LANTAI 1 S/D 5
27 WG=0,0,-0.4246 : BALOK AS B & E
28 WG=0,0,-0.4654 : BALOK AS C DEPAN TANGGA
29 WG=0,0,-0.5342 : BALOK AS C & D
30 WG=0,0,-0.1083 : KONSOL UJUNG
31 WG=0,0,-0.3753 : BALOK AS BC & DE TEPI
32 WG=0,0,-0.2333 : BALOK CD TEPI
33 WG=0,0,-0.2167 : KONSOL TENGAH
34 WG=0,0,-0.4666 : BALOK CD TENGAH
35 WG=0,0,-0.7506 : BALOK BC & DE TENGAH TANPA DINDING
36 WG=0,0,-0.5342 : BALOK BC & DE TENGAH DENGAN DINDING
C DATA LOKASI ELEMEN FRAME
C LANTAI 1
1 1 49 M=1 LP=1,0 NSL=0 G=11,1,1,1 :KOLOM
13 13 61 M=1 NSL=0 G=11,1,1,1
25 25 73 M=1 NSL=0 G=11,1,1,1
37 37 85 M=1 NSL=0 G=11,1,1,1
49 49 50 M=6 LP=1,0 NSL=17,27 G=10,1,1,1 :BALOK MEMANJANG
60 61 62 M=6 NSL=19,29 G=10,1,1,1
71 73 74 M=6 NSL=19,29 G=10,1,1,1
82 85 86 M=6 NSL=17,27 G=10,1,1,1

```


Lampiran Analisa Struktur Utama (SAP 90)

| | | | | | | | |
|------------|-----|-----|-----|--------|-----------|--------------|------------------|
| 93 | 49 | 61 | M=4 | LP=1,0 | NSL=21,31 | G=1,11,11,11 | :BALOK MELINTANG |
| 94 | 50 | 62 | M=4 | | NSL=26,36 | G=9,1,1,1 | |
| 105 | 61 | 73 | M=4 | | NSL=22,32 | G=1,11,11,11 | |
| 106 | 62 | 74 | M=4 | | NSL=24,34 | G=9,1,1,1 | |
| 117 | 73 | 85 | M=4 | | NSL=21,31 | G=1,11,11,11 | |
| 118 | 74 | 86 | M=4 | | NSL=26,36 | G=9,1,1,1 | |
| 129 | 49 | 337 | M=4 | | NSL=20,30 | G=1,11,11,11 | :KANTILEVER |
| 130 | 50 | 338 | M=4 | | NSL=23,33 | G=9,1,1,1 | |
| 141 | 85 | 349 | M=4 | | NSL=20,30 | G=1,11,11,11 | |
| 142 | 86 | 350 | M=4 | | NSL=23,33 | G=9,1,1,1 | |
| C LANTAI 2 | | | | | | | |
| 153 | 49 | 97 | M=1 | LP=1,0 | NSL=0 | G=11,1,1,1 | :KOLOM |
| 165 | 61 | 109 | M=1 | | NSL=0 | G=11,1,1,1 | |
| 177 | 73 | 121 | M=1 | | NSL=0 | G=11,1,1,1 | |
| 189 | 85 | 133 | M=1 | | NSL=0 | G=11,1,1,1 | |
| 201 | 97 | 98 | M=6 | LP=1,0 | NSL=17,27 | G=10,1,1,1 | :BALOK MEMANJANG |
| 212 | 109 | 110 | M=6 | | NSL=19,29 | G=10,1,1,1 | |
| 223 | 121 | 122 | M=6 | | NSL=19,29 | G=10,1,1,1 | |
| 234 | 133 | 134 | M=6 | | NSL=17,27 | G=10,1,1,1 | |
| 245 | 97 | 109 | M=4 | LP=1,0 | NSL=21,31 | G=1,11,11,11 | :BALOK MELINTANG |
| 246 | 98 | 110 | M=4 | | NSL=26,36 | G=9,1,1,1 | |
| 257 | 109 | 121 | M=4 | | NSL=22,32 | G=1,11,11,11 | |
| 258 | 110 | 122 | M=4 | | NSL=24,34 | G=9,1,1,1 | |
| 269 | 121 | 133 | M=4 | | NSL=21,31 | G=1,11,11,11 | |
| 270 | 122 | 134 | M=4 | | NSL=26,36 | G=9,1,1,1 | |
| 281 | 97 | 361 | M=4 | | NSL=20,30 | G=1,11,11,11 | :KANTILEVER |
| 282 | 98 | 362 | M=4 | | NSL=23,33 | G=9,1,1,1 | |
| 293 | 133 | 373 | M=4 | | NSL=20,30 | G=1,11,11,11 | |
| 294 | 134 | 374 | M=4 | | NSL=23,33 | G=9,1,1,1 | |
| C LANTAI 3 | | | | | | | |
| 305 | 97 | 145 | M=2 | LP=1,0 | NSL=0 | G=11,1,1,1 | :KOLOM |
| 317 | 109 | 157 | M=2 | | NSL=0 | G=11,1,1,1 | |
| 329 | 121 | 169 | M=2 | | NSL=0 | G=11,1,1,1 | |
| 341 | 133 | 181 | M=2 | | NSL=0 | G=11,1,1,1 | |
| 353 | 145 | 146 | M=6 | LP=1,0 | NSL=17,27 | G=10,1,1,1 | :BALOK MEMANJANG |
| 364 | 157 | 158 | M=6 | | NSL=19,29 | G=10,1,1,1 | |
| 375 | 169 | 170 | M=6 | | NSL=19,29 | G=10,1,1,1 | |
| 386 | 181 | 182 | M=6 | | NSL=17,27 | G=10,1,1,1 | |
| 397 | 145 | 157 | M=4 | LP=1,0 | NSL=21,31 | G=1,11,11,11 | :BALOK MELINTANG |
| 398 | 146 | 158 | M=4 | | NSL=26,36 | G=9,1,1,1 | |
| 409 | 157 | 169 | M=4 | | NSL=22,32 | G=1,11,11,11 | |
| 410 | 158 | 170 | M=4 | | NSL=24,34 | G=9,1,1,1 | |
| 421 | 169 | 181 | M=4 | | NSL=21,31 | G=1,11,11,11 | |
| 422 | 170 | 182 | M=4 | | NSL=26,36 | G=9,1,1,1 | |
| 433 | 145 | 385 | M=4 | | NSL=20,30 | G=1,11,11,11 | :KANTILEVER |
| 434 | 146 | 386 | M=4 | | NSL=23,33 | G=9,1,1,1 | |
| 445 | 181 | 397 | M=4 | | NSL=20,30 | G=1,11,11,11 | |
| 446 | 182 | 398 | M=4 | | NSL=23,33 | G=9,1,1,1 | |
| C LANTAI 4 | | | | | | | |
| 457 | 145 | 193 | M=2 | LP=1,0 | NSL=0 | G=11,1,1,1 | :KOLOM |
| 469 | 157 | 205 | M=2 | | NSL=0 | G=11,1,1,1 | |
| 481 | 169 | 217 | M=2 | | NSL=0 | G=11,1,1,1 | |
| 493 | 181 | 229 | M=2 | | NSL=0 | G=11,1,1,1 | |
| 505 | 193 | 194 | M=6 | LP=1,0 | NSL=17,27 | G=10,1,1,1 | :BALOK MEMANJANG |

Lampiran Analisa Struktur Utama (SAP 90)

| | | | | | | |
|-------------------|-----|-----|------------|-----------|--------------|------------------|
| 516 | 205 | 206 | M=6 | NSL=19,29 | G=10,1,1,1 | |
| 527 | 217 | 218 | M=6 | NSL=19,29 | G=10,1,1,1 | |
| 538 | 229 | 230 | M=6 | NSL=17,27 | G=10,1,1,1 | |
| 549 | 193 | 205 | M=4 LP=1,0 | NSL=21,31 | G=1,11,11,11 | :BALOK MELINTANG |
| 550 | 194 | 206 | M=4 | NSL=26,36 | G=9,1,1,1 | |
| 561 | 205 | 217 | M=4 | NSL=22,32 | G=1,11,11,11 | |
| 562 | 206 | 218 | M=4 | NSL=24,34 | G=9,1,1,1 | |
| 573 | 217 | 229 | M=4 | NSL=21,31 | G=1,11,11,11 | |
| 574 | 218 | 230 | M=4 | NSL=26,36 | G=9,1,1,1 | |
| 585 | 193 | 409 | M=4 | NSL=20,30 | G=1,11,11,11 | :KANTILEVER |
| 586 | 194 | 410 | M=4 | NSL=23,33 | G=9,1,1,1 | |
| 597 | 229 | 421 | M=4 | NSL=20,30 | G=1,11,11,11 | |
| 598 | 230 | 422 | M=4 | NSL=23,33 | G=9,1,1,1 | |
| C LANTAI 5 | | | | | | |
| 609 | 193 | 241 | M=3 LP=1,0 | NSL=0 | G=11,1,1,1 | :KOLOM |
| 621 | 205 | 253 | M=3 | NSL=0 | G=11,1,1,1 | |
| 633 | 217 | 265 | M=3 | NSL=0 | G=11,1,1,1 | |
| 645 | 229 | 277 | M=3 | NSL=0 | G=11,1,1,1 | |
| 657 | 241 | 242 | M=6 LP=1,0 | NSL=17,27 | G=10,1,1,1 | :BALOK MEMANJANG |
| 668 | 253 | 254 | M=6 | NSL=19,29 | G=10,1,1,1 | |
| 679 | 265 | 266 | M=6 | NSL=19,29 | G=10,1,1,1 | |
| 690 | 277 | 278 | M=6 | NSL=17,27 | G=10,1,1,1 | |
| 701 | 241 | 253 | M=4 LP=1,0 | NSL=21,31 | G=1,11,11,11 | :BALOK MELINTANG |
| 702 | 242 | 254 | M=4 | NSL=26,36 | G=9,1,1,1 | |
| 713 | 253 | 265 | M=4 | NSL=22,32 | G=1,11,11,11 | |
| 714 | 254 | 266 | M=4 | NSL=24,34 | G=9,1,1,1 | |
| 725 | 265 | 277 | M=4 | NSL=21,31 | G=1,11,11,11 | |
| 726 | 266 | 278 | M=4 | NSL=26,36 | G=9,1,1,1 | |
| 737 | 241 | 433 | M=4 | NSL=20,30 | G=1,11,11,11 | :KANTILEVER |
| 738 | 242 | 434 | M=4 | NSL=23,33 | G=9,1,1,1 | |
| 749 | 277 | 445 | M=4 | NSL=20,30 | G=1,11,11,11 | |
| 750 | 278 | 446 | M=4 | NSL=23,33 | G=9,1,1,1 | |
| C LANTAI 6 (ATAP) | | | | | | |
| 761 | 241 | 289 | M=3 LP=1,0 | NSL=0 | G=11,1,1,1 | :KOLOM |
| 773 | 253 | 301 | M=3 | NSL=0 | G=11,1,1,1 | |
| 785 | 265 | 313 | M=3 | NSL=0 | G=11,1,1,1 | |
| 797 | 277 | 325 | M=3 | NSL=0 | G=11,1,1,1 | |
| 809 | 289 | 290 | M=6 LP=1,0 | NSL=1,9 | G=10,1,1,1 | :BALOK MEMANJANG |
| 820 | 301 | 302 | M=6 | NSL=2,10 | G=10,1,1,1 | |
| 831 | 313 | 314 | M=6 | NSL=2,10 | G=10,1,1,1 | |
| 842 | 325 | 326 | M=6 | NSL=1,9 | G=10,1,1,1 | |
| 853 | 289 | 301 | M=5 LP=1,0 | NSL=4,12 | G=1,11,11,11 | :BALOK MELINTANG |
| 854 | 290 | 302 | M=5 | NSL=7,15 | G=9,1,1,1 | |
| 865 | 301 | 313 | M=5 | NSL=5,13 | G=1,11,11,11 | |
| 866 | 302 | 314 | M=5 | NSL=8,16 | G=9,1,1,1 | |
| 877 | 313 | 325 | M=5 | NSL=4,12 | G=1,11,11,11 | |
| 878 | 314 | 326 | M=5 | NSL=7,15 | G=9,1,1,1 | |
| 889 | 289 | 457 | M=5 | NSL=3,11 | G=1,11,11,11 | :KANTILEVER |
| 890 | 290 | 458 | M=5 | NSL=6,14 | G=9,1,1,1 | |
| 901 | 325 | 469 | M=5 | NSL=3,11 | G=1,11,11,11 | |
| 902 | 326 | 470 | M=5 | NSL=6,14 | G=9,1,1,1 | |

LOADS

C BEBAN TERPUSAT LANTAI 1

TUGAS AKHIR – FTSP/ITS Oleh : Herwan Widlyanto



| | | |
|---------------------------|---------------|-------------------|
| 337 349 11 L=1 | F=0,0,-1.3081 | : GRAFITASI MATI |
| 338 347 1 | F=0,0,-2.6162 | |
| 349 360 11 | F=0,0,-1.3081 | |
| 350 359 1 | F=0,0,-2.6162 | |
| 337 349 11 L=2 | F=0,0,-0.2770 | : GRAFITASI HIDUP |
| 338 347 1 | F=0,0,-0.5538 | |
| 349 360 11 | F=0,0,-0.2770 | |
| 350 359 1 | F=0,0,-0.5538 | |
| 49 60 1 L=3 | F=0,1.45636,0 | : GEMPA X |
| 49 85 12 L=4 | F=4.36909,0,0 | : GEMPA Y |
| C BEBAN TERPUSAT LANTAI 2 | | |
| 361 372 11 L=1 | F=0,0,-1.3081 | : GRAFITASI MATI |
| 362 371 1 | F=0,0,-2.6162 | |
| 373 384 11 | F=0,0,-1.3081 | |
| 374 383 1 | F=0,0,-2.6162 | |
| 361 372 11 L=2 | F=0,0,-0.2770 | : GRAFITASI HIDUP |
| 362 371 1 | F=0,0,-0.5538 | |
| 373 384 11 | F=0,0,-0.2770 | |
| 374 383 1 | F=0,0,-0.5538 | |
| 97 108 1 L=3 | F=0,2.34956,0 | : GEMPA X |
| 97 133 12 L=4 | F=7.04868,0,0 | : GEMPA Y |
| C BEBAN TERPUSAT LANTAI 3 | | |
| 385 396 11 L=1 | F=0,0,-1.3081 | : GRAFITASI MATI |
| 386 395 1 | F=0,0,-2.6162 | |
| 397 408 11 | F=0,0,-1.3081 | |
| 398 407 1 | F=0,0,-2.6162 | |
| 385 396 11 L=2 | F=0,0,-0.2770 | : GRAFITASI HIDUP |
| 386 395 1 | F=0,0,-0.5538 | |
| 397 408 11 | F=0,0,-0.2770 | |
| 398 407 1 | F=0,0,-0.5538 | |
| 145 156 1 L=3 | F=0,3.33885,0 | : GEMPA X |
| 145 181 12 L=4 | F=10.0165,0,0 | : GEMPA Y |
| C BEBAN TERPUSAT LANTAI 4 | | |
| 409 420 11 L=1 | F=0,0,-1.3081 | : GRAFITASI MATI |
| 410 419 1 | F=0,0,-2.6162 | |
| 421 432 11 | F=0,0,-1.3081 | |
| 422 431 1 | F=0,0,-2.6162 | |
| 409 420 11 L=2 | F=0,0,-0.2770 | : GRAFITASI HIDUP |
| 410 419 1 | F=0,0,-0.5538 | |
| 421 432 11 | F=0,0,-0.2770 | |
| 422 431 1 | F=0,0,-0.5538 | |
| 193 204 1 L=3 | F=0,4.32814,0 | : GEMPA X |
| 193 229 12 L=4 | F=12.9844,0,0 | : GEMPA Y |
| C BEBAN TERPUSAT LANTAI 5 | | |
| 433 444 11 L=1 | F=0,0,-1.3081 | : GRAFITASI MATI |
| 434 443 1 | F=0,0,-2.6162 | |
| 445 456 11 | F=0,0,-1.3081 | |
| 446 455 1 | F=0,0,-2.6162 | |
| 433 444 11 L=2 | F=0,0,-0.2770 | : GRAFITASI HIDUP |
| 434 443 1 | F=0,0,-0.5538 | |
| 445 456 11 | F=0,0,-0.2770 | |
| 446 455 1 | F=0,0,-0.5538 | |
| 241 252 1 L=3 | F=0,5.31742,0 | : GEMPA X |
| 241 277 12 L=4 | F=15.9523,0,0 | : GEMPA Y |


```

C BEBAN TERPUSAT LANTAI 6 (ATAP)
457 468 11 L=1 F=0,0,-0.7823 : GRAFITASI MATI
458 467 1 F=0,0,-1.5646
469 480 11 F=0,0,-0.7823
470 479 1 F=0,0,-1.5646
457 468 11 L=2 F=0,0,-0.1332 : GRAFITASI HIDUP
458 467 1 F=0,0,-0.1663
469 480 11 F=0,0,-0.1332
470 479 1 F=0,0,-0.1663
289 300 1 L=3 F=0,4.28236,0 : GEMPA X
289 325 12 L=4 F=12.8471,0,0 : GEMPA Y

```

SHELL

```

NM=1 P=-1 Z=-1
1 E=2.574E6 U=0.2 W=2.4
C LOKASI ELEMEN DINDING GESER
C LANTAI 1
1 JQ=18,30,66,78 M=1 TH=0.2 ETYPE=0
2 JQ=18,19,66,67
3 JQ=30,31,78,79
4 JQ=19,31,67,79
C LANTAI 2
5 JQ=66,78,114,126 M=1 TH=0.2 ETYPE=0
6 JQ=66,67,114,115
7 JQ=78,79,126,127
8 JQ=67,79,115,127
C LANTAI 3
9 JQ=114,126,162,174 M=1 TH=0.2 ETYPE=0
10 JQ=114,115,162,163
11 JQ=126,127,174,175
12 JQ=115,127,163,175
C LANTAI 4
13 JQ=162,174,210,222 M=1 TH=0.2 ETYPE=0
14 JQ=162,163,210,211
15 JQ=174,175,222,223
16 JQ=163,175,211,223
C LANTAI 5
17 JQ=210,222,258,270 M=1 TH=0.2 ETYPE=0
18 JQ=210,211,258,259
19 JQ=222,223,270,271
20 JQ=211,223,259,271
C LANTAI 6
21 JQ=258,270,306,318 M=1 TH=0.2 ETYPE=0
22 JQ=258,259,306,307
23 JQ=270,271,318,319
24 JQ=259,271,307,319

```

COMBO

```

1 C=1,0,0,0
2 C=0,1,0,0
3 C=0,0,1,0.3
4 C=0,0,0.3,1
5 C=1.2,1.6
6 C=1.05,0.63,1.05,0.315

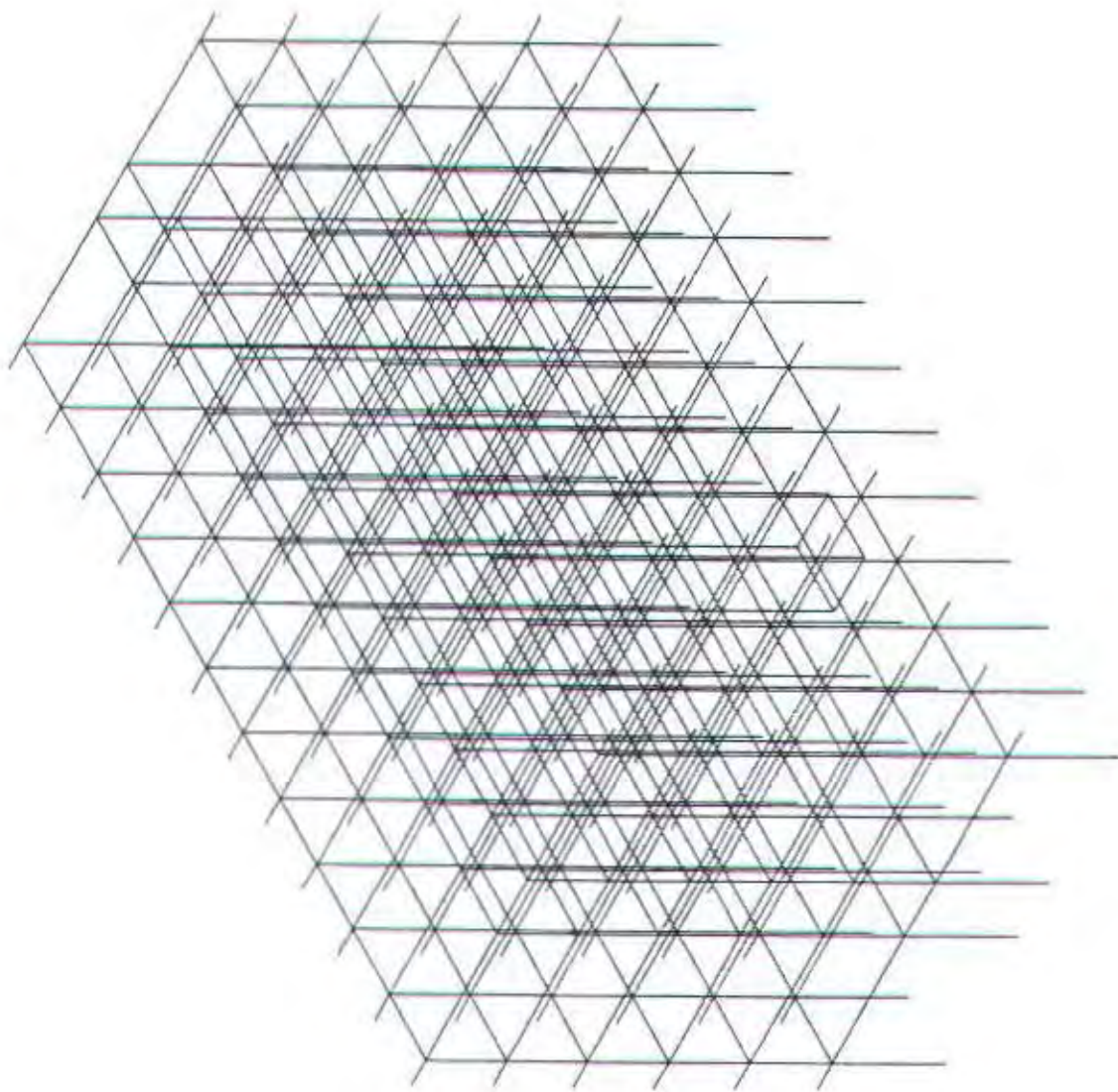
```

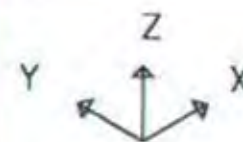
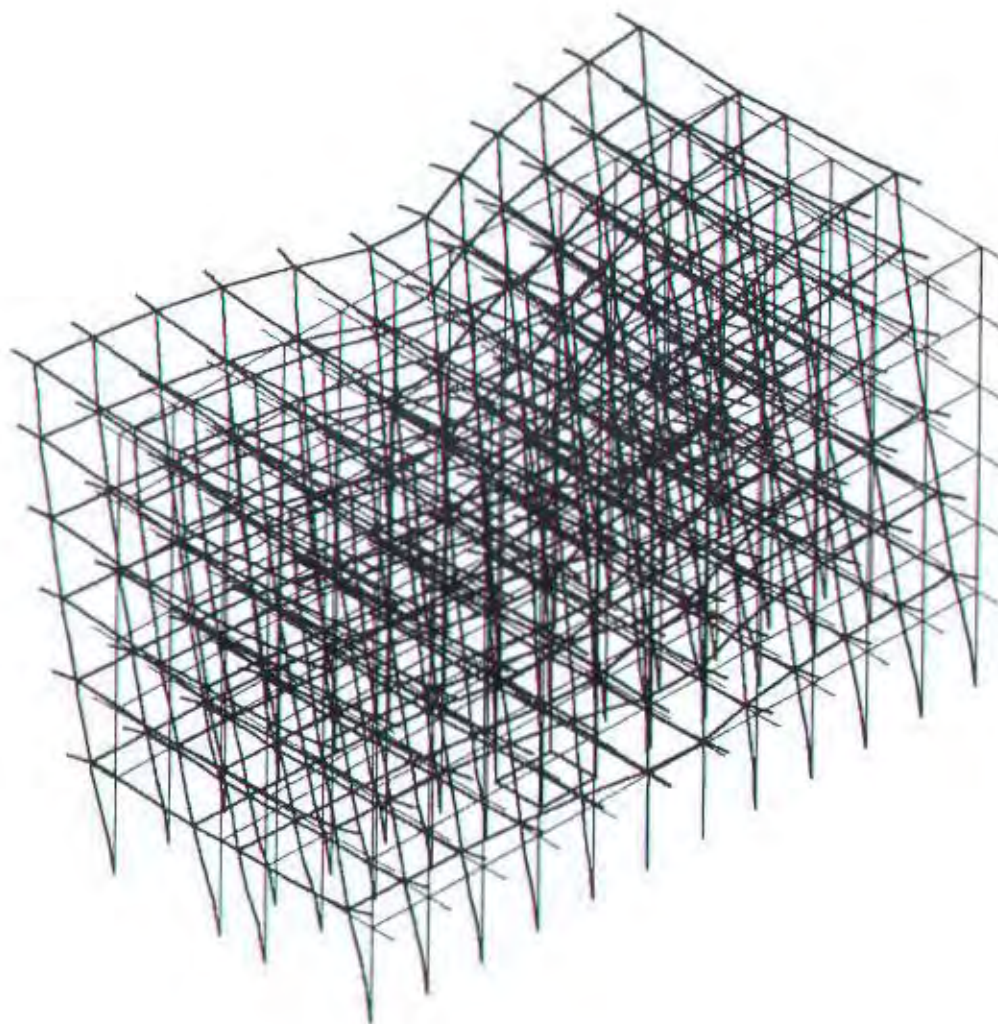



c:\hw\pu
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
HIDDEN LINES

SAP90





c:\hw\pu

DEFORMED
SHAPE

LOAD 6

MINIMA

X .0000E+00

Y .0000E+00

Z -.3862E-02

MAXIMA

X .9065E-02

Y .2935E-01

Z .1251E-02

SAP90

ANALISA TANGGA LANTAI 1 (KG-M)

LAPORAN TUGAS AKHIR

OLEH : HERWAN WIDIYANTO

NRP : 3197 109 526

SYSTEM

L=1

JOINTS

1 X=0 Y=0
2 X=4.8 Y=2.75
3 X=6.6 Y=2.75
4 X=0 Y=6.5
5 X=4.8 Y=3.75
6 X=6.6 Y=3.75

RESTRAINTS

1 4 3 R=1,1,1,1,1,0
2 5 3 R=0,0,1,1,1,0
3 6 3 R=0,1,1,1,1,0

FRAME

NM=2 NL=2

C DATA SIFAT MATERIAL & PENAMPANG

1 E=2.574E9 SH=R T=1,0.2046 : PELAT TANGGA
2 E=2.574E9 SH=R T=1,0.13 : PELAT BORDES

C DATA BEBAN

1 WG=0,-1348.54 : TANGGA
2 WG=0,-962.4 : BORDES

C DATA LOKASI ELEMEN FRAME

1 1 2 M=1 LP=1,0 NSL=1
2 2 3 M=2 NSL=2
3 4 5 M=1 NSL=1
4 5 6 M=2 NSL=2

ANALISA TANGGA LANTAI 2 S/D 5 (KG-M)

LAPORAN TUGAS AKHIR

OLEH : HERWAN WIDIYANTO

NRP : 3197 109 526

SYSTEM

L=1

JOINTS

1 X=0 Y=0
2 X=3.6 Y=2
3 X=5.4 Y=2
4 X=0 Y=5
5 X=3.6 Y=3
6 X=5.4 Y=3

RESTRAINTS

1 4 3 R=1,1,1,1,1,0
2 5 3 R=0,0,1,1,1,0
3 6 3 R=0,1,1,1,1,0

FRAME

NM=2 NL=2

C DATA SIFAT MATERIAL & PENAMPANG

1 E=2.574E9 SH=R T=1,0.203 : PELAT TANGGA
2 E=2.574E9 SH=R T=1,0.13 : PELAT BORDES

C DATA BEBAN

1 WG=0,-1244.65 : TANGGA
2 WG=0,-962.4 : BORDES

C DATA LOKASI ELEMEN FRAME

1 1 2 M=1 LP=1,0 NSL=1
2 2 3 M=2 NSL=2
3 4 5 M=1 NSL=1
4 5 6 M=2 NSL=2

PROGRAM: SAP90/FILE: \HW\T1.F3F
 ANALISA TANGGA LANTAI 1 (KG-M)

FRAME ELEMENT FORCES

| ELT LOAD ID COND | AXIAL DIST FORCE ENDI | 1-2 PLANE SHEAR | AXIAL MOMENT |
|---------------------|--------------------------|--------------------|-----------------|
| 1 | | | |
| 1 | -556.22 | | |
| | .0 | 3779.12 | .00 |
| | 3.7 | -.01 | 7033.36 |
| | 5.5 | -1837.40 | 5370.75 |
| 2 | | | |
| 1 | .00 | | |
| | .0 | -2117.59 | 5370.75 |
| | 1.8 | -3849.91 | .00 |
| 3 | | | |
| 1 | 556.22 | | |
| | .0 | 3779.12 | .00 |
| | 3.7 | -.01 | 7033.36 |
| | 5.5 | -1837.40 | 5370.75 |
| 4 | | | |
| 1 | .00 | | |
| | .0 | -2117.59 | 5370.75 |
| | 1.8 | -3849.91 | .00 |

ANALISA TANGGA LANTAI 2 S/D 5 (KG-M)

FRAME ELEMENT FORCES

| ELT LOAD ID COND | AXIAL DIST FORCE ENDI | 1-2 PLANE SHEAR | AXIAL MOMENT |
|---------------------|--------------------------|--------------------|-----------------|
| 1 | | | |
| 1 | -502.89 | | |
| | .0 | 2863.63 | |
| | 3.0 | -.01 | 4311.01 |
| | 4.1 | -1053.24 | 3727.84 |
| 2 | | | |
| 1 | .00 | | |
| | .0 | -1204.86 | 3727.84 |
| | 1.8 | -2937.18 | .00 |
| 3 | | | |
| 1 | 502.89 | | |
| | .0 | 2863.63 | |
| | 3.0 | -.01 | 4311.01 |
| | 4.1 | -1053.24 | 3727.84 |
| 4 | | | |
| 1 | .00 | | |
| | .0 | -1204.86 | 3727.84 |
| | 1.8 | -2937.18 | .00 |

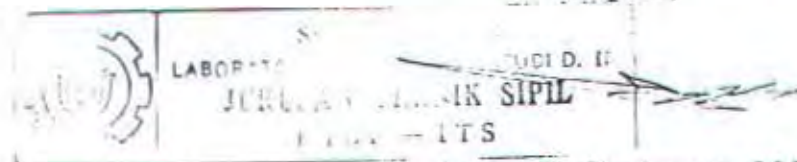
PRAKATA

Bersama ini kami sampaikan hasil penyelidikan tanah untuk "Proyek Gedung PLN di Surabaya.

Laporan ini merupakan laporan akhir dari seluruh pekerjaan penyelidikan tanah, baik yang di lapangan maupun yang dilakukan di laboratorium.

Demikian apa yang bisa saya sampaikan dan atas kerjasamanya disampaikan banyak terima kasih.

Surabaya, 30 Agustus 1996
Laboratorium D.III FTSP - ITS
Kepala,



Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng.

NIP 131 782 037

[illegible]



LABORATORIUM PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP ITS
 KAMPUS ITS JL. MANYAR No. 6 TELP. 5947637 SURABAYA

SUMMARY OF LABORATORY TEST OF SOILS

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---|--|-----------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|------|--|--|
| PROJECT | | : PEMBANGUNAN GEDUNG PLN | | | | | | | | | |
| LOCATION | | : KETINTANG SURABAYA | | | | | | | | | |
| SAMPLE NO | | : BOR II | | | | | | | | | |
| SAMPLING DEPTH (Meter) | | 4,5 - 5,0 | 9,5 - 10 | 14,5 - 15 | 19,5 - 20 | 24,5 - 25 | 29,5 - 30 | 34,5 - 35 | | | |
| PROPERTY | Wet Density γ (g/cm ³) | 1,762 | 1,627 | 1,643 | 1,651 | 1,757 | 1,863 | 1,869 | | | |
| | Natural Water Content W (%) | 44,83 | 62,66 | 61,02 | 58,76 | 45,76 | 36,18 | 35,71 | | | |
| | Dry Density γ_d (g/cm ³) | 1,217 | 1,000 | 1,020 | 1,040 | 1,205 | 1,368 | 1,378 | | | |
| | Porosity n (%) | 54,55 | 62,69 | 62,26 | 61,09 | 55,16 | 49,49 | 49,19 | | | |
| | Void Ratio e | 1,200 | 1,680 | 1,650 | 1,570 | 1,230 | 0,980 | 0,968 | | | |
| | Degree of Saturation Sr | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | | |
| | Specific Gravity Gs | 2,677 | 2,681 | 2,704 | 2,672 | 2,688 | 2,709 | 2,711 | | | |
| GRAIN - SIZE | Proportion | Gravel part (%) | | | | | | | | | |
| | | Sand part (%) | | | | | | | | | |
| | | Silt part (%) | | | | | | | | | |
| | | Clay part (%) | | | | | | | | | |
| | Max. Diameter (mm) | | | | | | | | | | |
| | 60% Diameter D ₆₀ (mm) | | | | | | | | | | |
| | 10% Diameter D ₁₀ (mm) | | | | | | | | | | |
| CONSISTENCY | Uniformity Coefficient | | | | | | | | | | |
| | Classification | | | | | | | | | | |
| | Liquid Limit (%) | | | | | | | | | | |
| | Plastic Limit (%) | | | | | | | | | | |
| | Shrinkage Limit | | | | | | | | | | |
| PERMEABILITY K (cm/sec) | | | | | | | | | | | |
| COMPACTION | Optimum water content (%) | | | | | | | | | | |
| | Max. Density γ_s (g/cm ³) | | | | | | | | | | |
| SHEARING STRENGTH | Unconfined | Compression Strength (kg/cm ²) | | | | | | | | | |
| | Compression | Sensitivity | | | | | | | | | |
| | Direct | Cohesion C (kg/cm ²) | 0 | | | | | | | | |
| | Compression | Internal friction Angle | 27 | | | | | | | | |
| | Triaxial | Cohesion C (kg/cm ²) | | 0,12 | 0,11 | 0,52 | 0,59 | 0,68 | 0,67 | | |
| | Compression | Internal Friction Angle ϕ | | 7 | 6 | 12 | 12 | 14 | 15 | | |
| | | | | | | | | | | | |
| CONSOLIDATION | Initial Void Ratio e_0 | | - | - | 1,650 | - | - | - | - | | |
| | Preconsolidation Load P _p (kg/cm ²) | | - | - | 1,02 | - | - | - | - | | |
| | Compression Index C _c | | - | - | 0,652 | - | - | - | - | | |
| | Coef. of Consolidation C _v (cm ² /sec) | | - | - | $3,8 \times 10^{-4}$ | - | - | - | - | | |
| | Coef. of Volume Compressibility α_v (cm ² /g) | | - | - | | - | - | - | - | | |



SEKSI TANAH
LABORATORIUM PROGRAM STUDI DIPLOMA III
 JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP ITS
 KAMPUS ITS, JL. MANYAR No. 8 5947637 SURABAYA

| PROJECT : Gedung PLN Ketintang | | | BOR HOLE NO. : I | | |
|--------------------------------|---------|---------------------------------|------------------|---------------------------------------|--------|
| LOCATION : Surabaya | | | DATE : | | |
| Dept (m) | Bor Log | Soil Discription | Sample | SPT (N) Numbers of (Blows/feet) | Remark |
| | | | | 10 20 30 40 | |
| 1.00 | | Lanau berpasir berkerikil | | | |
| 2.00 | | | | | |
| 3.00 | | Lempung berlanau | | | |
| 4.00 | | | | | |
| 5.00 | | | | | |
| 6.00 | | | | | |
| 7.00 | | | | | |
| 8.00 | | | | | |
| 9.00 | | Lempung berlanau berpasir halus | | | |
| 10.00 | | | | | |
| 11.00 | | | | | |
| 12.00 | | Pasir halus berlanau | | | |
| 13.00 | | | | | |
| 14.00 | | | | | |
| 15.00 | | | | | |
| 16.00 | | Lempung | | | |
| 17.00 | | | | | |
| 18.00 | | | | | |
| 19.00 | | | | | |
| 20.00 | | | | | |
| 21.00 | | | | | |
| 22.00 | | | | | |
| 23.00 | | | | | |
| 24.00 | | | | | |
| 25.00 | | | | | |
| 26.00 | | | | | |
| 27.00 | | | | | |
| 28.00 | | | | | |
| 29.00 | | | | | |
| 30.00 | | | | | |
| 31.00 | | | | | |
| 32.00 | | | | | |
| 33.00 | | | | | |
| 34.00 | | | | | |
| 35.00 | | | | | |

Sand
 Clay
 Gravel
 Limest
 Silty clay
 Sample undisturbed



SEKSI TANAH
LABORATORIUM PROGRAM STUDI DIPLOMA III
 JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP ITS
 KAMPUS ITS, JL. MANYAR No. 8 5947637 SURABAYA

PROJECT : Gedung PLN Ketintang
 LOCATION : Surabaya

BOR HOLE NO. : II
 DATE :

| Dept (m) | Bor Log | Soil Discription | Sample | SPT (N) Numbers of (Blows/feet) | | | | Remark |
|-------------|---------|---------------------------------|--------|---------------------------------------|----|----|----|--------|
| | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | |
| 1.00 | | Lanau berpasir sedikit kerikil | | | | | | |
| 2.00 | | | | | | | | |
| 3.00 | | Lanau berlempung berpasir | | | | | | |
| 4.00 | | | | | | | | |
| 5.00 | | Lanau berpasir halus berlempung | | | | | | |
| 6.00 | | | | | | | | |
| 7.00 | | Lempung berlanau berpasir | | | | | | |
| 8.00 | | | | | | | | |
| 9.00 | | | | | | | | |
| 10.00 | | | | | | | | |
| 11.00 | | Pasir halus berlanau. | | | | | | |
| 12.00 | | | | | | | | |
| 13.00 | | | | | | | | |
| 14.00 | | | | | | | | |
| 15.00 | | Lempung | | | | | | |
| 16.00 | | | | | | | | |
| 17.00 | | | | | | | | |
| 18.00 | | | | | | | | |
| 19.00 | | | | | | | | |
| 20.00 | | | | | | | | |
| 21.00 | | | | | | | | |
| 22.00 | | | | | | | | |
| 23.00 | | | | | | | | |
| 24.00 | | | | | | | | |
| 25.00 | | | | | | | | |
| 26.00 | | | | | | | | |
| 27.00 | | | | | | | | |
| 28.00 | | | | | | | | |
| 29.00 | | | | | | | | |
| 30.00 | | | | | | | | |
| 31.00 | | | | | | | | |
| 32.00 | | | | | | | | |
| 33.00 | | | | | | | | |
| 34.00 | | | | | | | | |
| 35.00 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Sand

Clay

Gravel

Limest

Silty clay

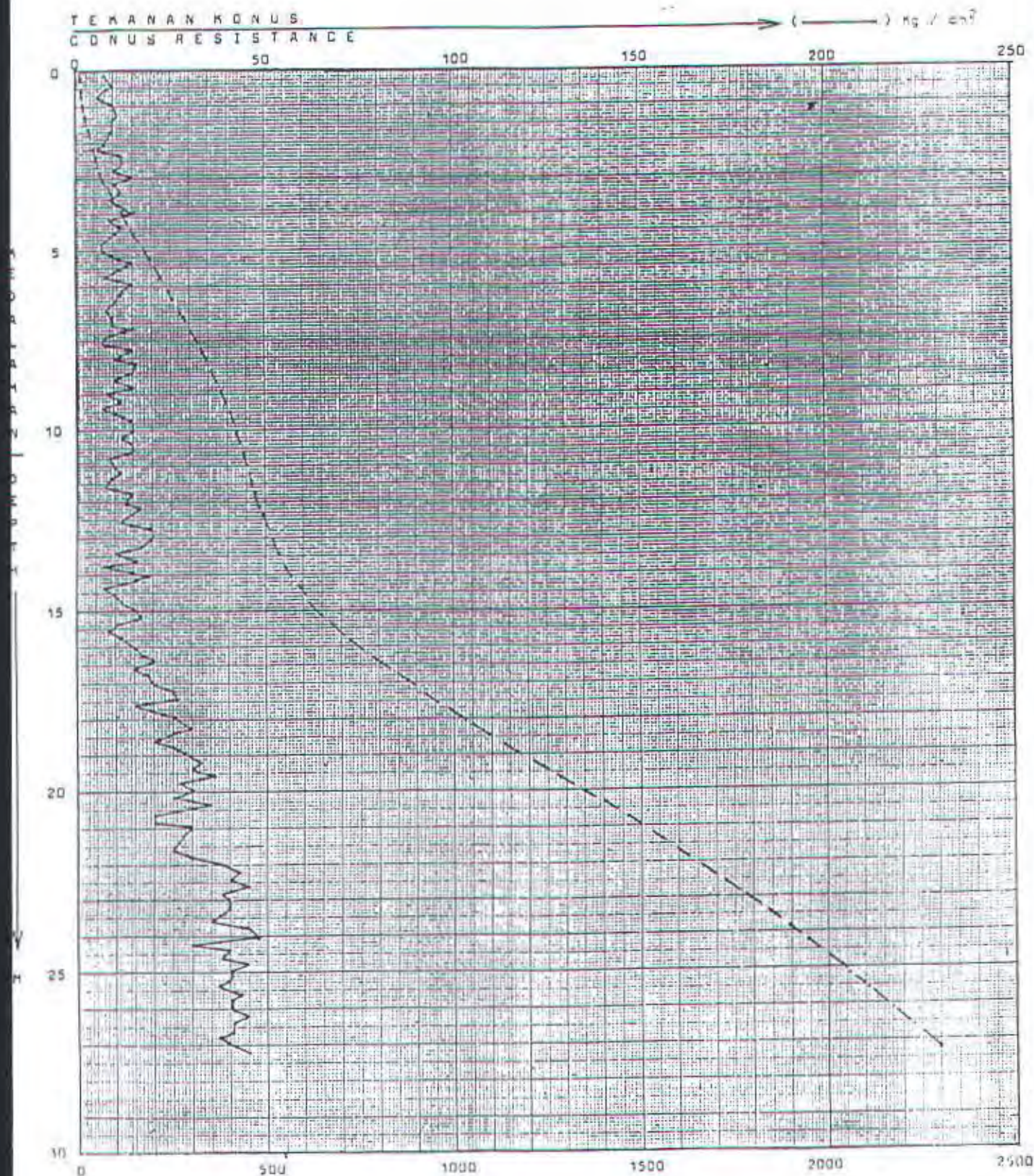
Sample undisturbed

PROJECT : PLN
LOCATION : KOTACINTANG SURABAYA
POINT : I (satu)
DATE : 6 - 8 - 1996



SEKSI. TANAH
LABORATORIUM PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP ITS
KAMPUS ITS, JL. MAYJARAN No. 8 TELP. 587637, SURABAYA

DUTCH CONE PENETROMETER TEST

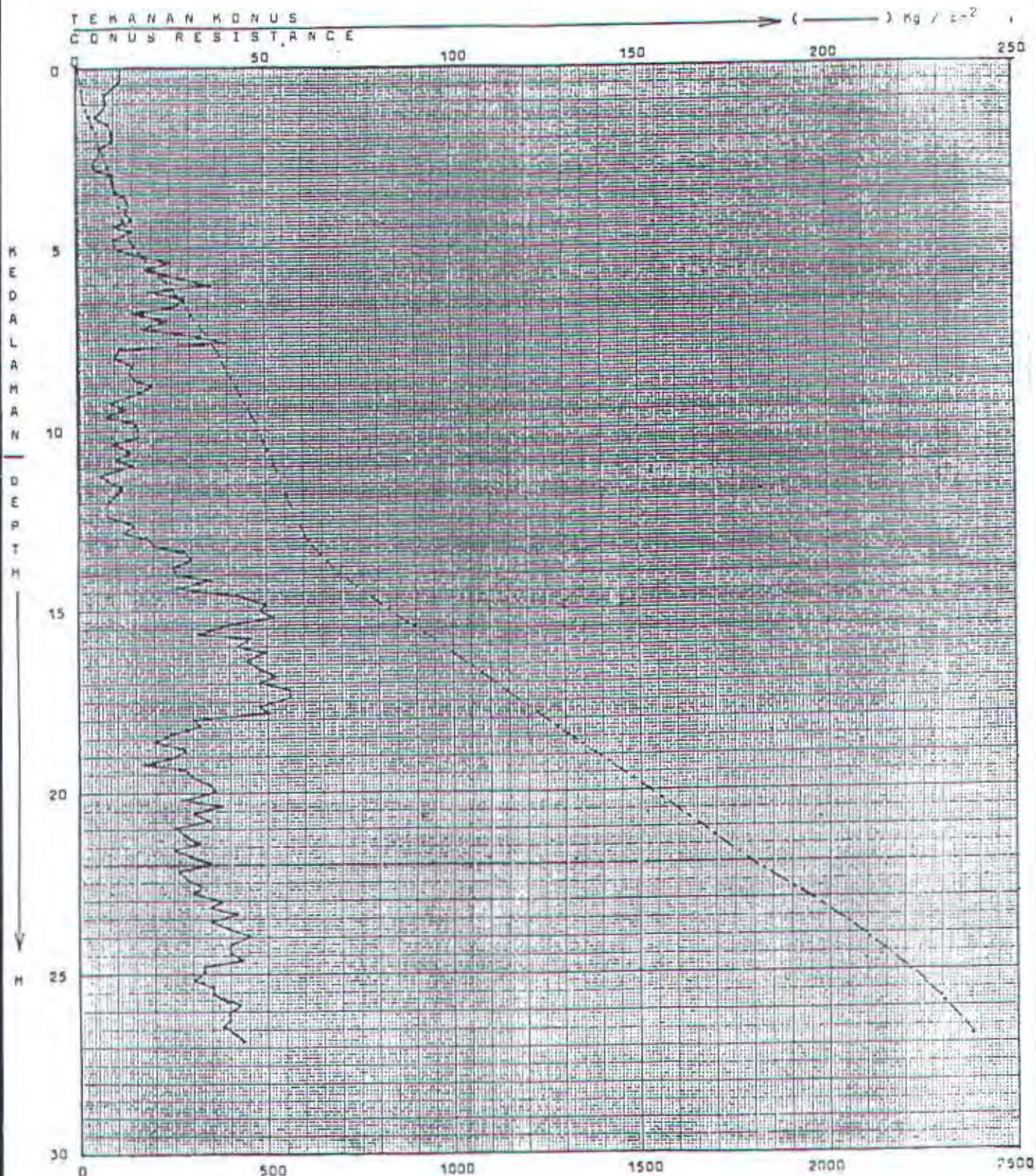


PROJECT : PIN
LOCATION : KOTINTANG SURABAYA
POINT : II (dua)
DATE : 7 - 8 - 1996



SEKSI. TANAH
LABORATORIUM PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP ITS
KAMPUS ITS, J. MANYAR No. 8 TELP. 597537, SURABAYA

DUTCH CONE PENETROMETER TEST

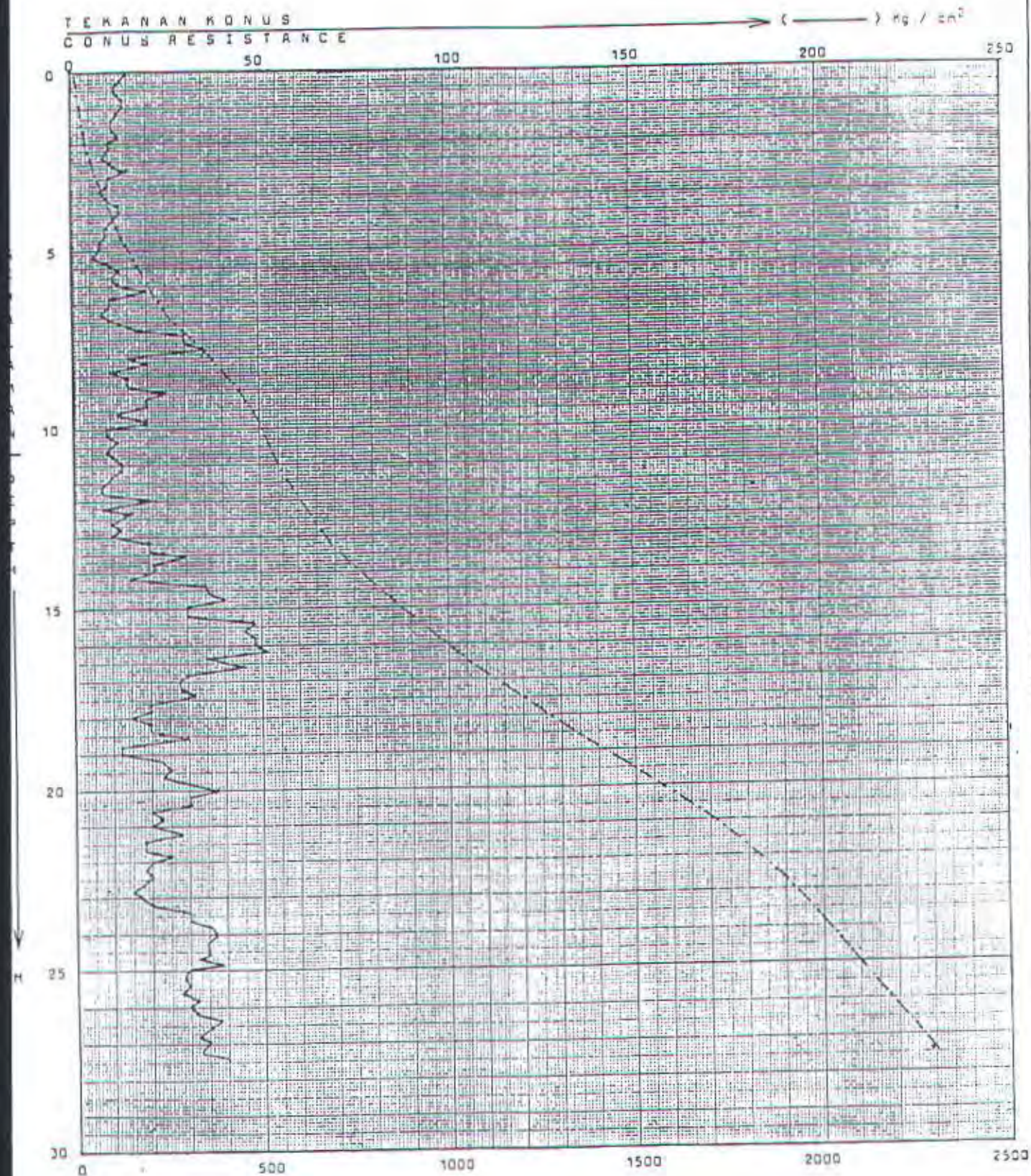


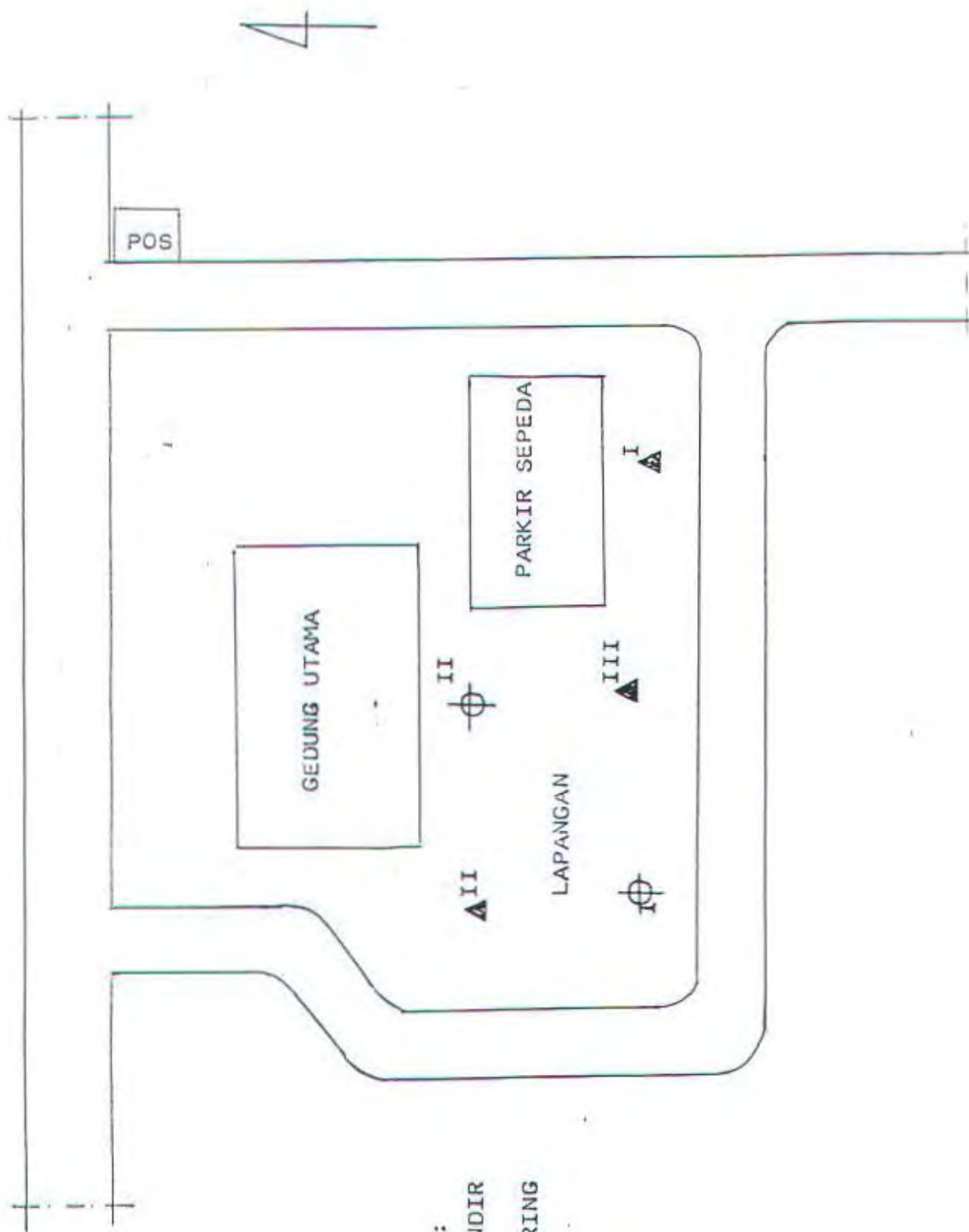
PROJECT : PIN
LOCATION : KETINTANG SURABAYA
POINT : III (tiga)
DATE : 7 - 8 - 1996



SEKSI. TANAH
LABORATORIUM PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP ITS
KAMPUS ITS, J. MAYYAN No. 6 TELP. 597637, SURABAYA

DUTCH CONE PENETROMETER TEST





ERANGAN :

▲ SONDIR

⊕ BORING

TABEL PENULANGAN PELAT ATAP

$f_y = 240 \text{ MPa}$

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$

Tebal Pelat = 120 mm

Tebal selimut beton = 20 mm

$r_{\text{max}} = 0.048382$

$r_{\text{min}} = 0.005833$

| Type Pelat | Daerah | d (mm) | Mu (Nmm) | Rn (Mpa) | m | r perlu | r pakai | As perlu (mm ²) | Tulangan Terpasang | As ada (mm ²) |
|------------|---------|--------|----------|----------|--------|----------|----------|-----------------------------|--------------------|---------------------------|
| a | Tump. X | 95 | 7011500 | 0.971 | 9.4118 | 0.004126 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Lap. X | 95 | 7011500 | 0.971 | 9.4118 | 0.004126 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Tump. Y | 85 | 4183500 | 0.724 | 9.4118 | 0.003060 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| | Lap. Y | 85 | 4183500 | 0.724 | 9.4118 | 0.003060 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| b | Tump. X | 95 | 5137300 | 0.712 | 9.4118 | 0.003007 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Lap. X | 95 | 5137300 | 0.712 | 9.4118 | 0.003007 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Tump. Y | 85 | 2928400 | 0.507 | 9.4118 | 0.002132 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| | Lap. Y | 85 | 2928400 | 0.507 | 9.4118 | 0.002132 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| c | Tump. X | 95 | 2963300 | 0.410 | 9.4118 | 0.001724 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Lap. X | 95 | 2963300 | 0.410 | 9.4118 | 0.001724 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Tump. Y | 85 | 2208000 | 0.382 | 9.4118 | 0.001604 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| | Lap. Y | 85 | 2208000 | 0.382 | 9.4118 | 0.001604 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| d | Tump. X | 95 | 2672800 | 0.370 | 9.4118 | 0.001554 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Lap. X | 95 | 2672800 | 0.370 | 9.4118 | 0.001554 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Tump. Y | 85 | 2208000 | 0.382 | 9.4118 | 0.001604 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| | Lap. Y | 85 | 2208000 | 0.382 | 9.4118 | 0.001604 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| e | Tump. X | 95 | 1922800 | 0.266 | 9.4118 | 0.001116 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Lap. X | 95 | 1922800 | 0.266 | 9.4118 | 0.001116 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Tump. Y | 85 | 697300 | 0.121 | 9.4118 | 0.000504 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| | Lap. Y | 85 | 697300 | 0.121 | 9.4118 | 0.000504 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |

TABEL PENULANGAN PELAT LANTAI 1 s/d 5

$f_y = 240 \text{ MPa}$

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$

Tebal Pelat = 120 mm

Tebal selimut beton = 20 mm

$r_{\text{max}} = 0.048382$

$r_{\text{min}} = 0.005833$

| Type Pelat | Daerah | d (mm) | Mu (Nmm) | Rn (Mpa) | m | r perlu | r pakai | As perlu (mm ²) | Tulangan Terpasang | As ada (mm ²) |
|------------|---------|--------|----------|----------|--------|----------|----------|-----------------------------|--------------------|---------------------------|
| a | Tump. X | 95 | 10169800 | 1.409 | 9.4118 | 0.006041 | 0.006041 | 573.90 | P10 - 130 | 603.85 |
| | Lap. X | 95 | 10169800 | 1.409 | 9.4118 | 0.006041 | 0.006041 | 573.90 | P10 - 130 | 603.85 |
| | Tump. Y | 85 | 6067900 | 1.050 | 9.4118 | 0.004468 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| | Lap. Y | 85 | 6067900 | 1.050 | 9.4118 | 0.004468 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| b | Tump. X | 95 | 7451300 | 1.032 | 9.4118 | 0.004391 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Lap. X | 95 | 7451300 | 1.032 | 9.4118 | 0.004391 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Tump. Y | 85 | 4247500 | 0.735 | 9.4118 | 0.003107 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| | Lap. Y | 85 | 4247500 | 0.735 | 9.4118 | 0.003107 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| c | Tump. X | 95 | 4298100 | 0.595 | 9.4118 | 0.002510 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Lap. X | 95 | 4298100 | 0.595 | 9.4118 | 0.002510 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Tump. Y | 85 | 3202500 | 0.554 | 9.4118 | 0.002334 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| | Lap. Y | 85 | 3202500 | 0.554 | 9.4118 | 0.002334 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| d | Tump. X | 95 | 3876700 | 0.537 | 9.4118 | 0.002261 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Lap. X | 95 | 3876700 | 0.537 | 9.4118 | 0.002261 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Tump. Y | 85 | 3202500 | 0.554 | 9.4118 | 0.002334 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| | Lap. Y | 85 | 3202500 | 0.554 | 9.4118 | 0.002334 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| e | Tump. X | 95 | 2322300 | 0.322 | 9.4118 | 0.001349 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Lap. X | 95 | 2322300 | 0.322 | 9.4118 | 0.001349 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Tump. Y | 85 | 1311000 | 0.227 | 9.4118 | 0.000949 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| | Lap. Y | 85 | 1311000 | 0.227 | 9.4118 | 0.000949 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| f | Tump. X | 95 | 1875140 | 0.260 | 9.4118 | 0.001088 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Lap. X | 95 | 1875140 | 0.260 | 9.4118 | 0.001088 | 0.005833 | 554.17 | P10 - 140 | 560.71 |
| | Tump. Y | 85 | 1011300 | 0.175 | 9.4118 | 0.000732 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |
| | Lap. Y | 85 | 1011300 | 0.175 | 9.4118 | 0.000732 | 0.005833 | 495.83 | P10 - 150 | 523.33 |

TABEL MOMEN RENCANA BALOK PORTAL AS - 1

| LANTAI | BALOK | LOKASI | MD (Tm) | ML (Tm) | ME (Tm) | 1,2MD+1,6ML (Tm) | 0,9MD+ME (Tm) | 1,05(MD+0,6ML+ME) (Tm) |
|--------|-------|----------|------------|------------|------------|---------------------|------------------|---------------------------|
| 1 | A - B | Tump. Ki | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Lapangan | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Tump. Ka | -3,03 | -0,54 | | -4,500 | -2,727 | -3,522 |
| | B - C | Tump. Ki | -7,60 | -1,40 | 12,74 | -11,360 | 5,900 | 4,515 |
| | | Lapangan | 4,94 | 0,91 | 3,50 | 7,384 | 7,946 | 9,435 |
| | | Tump. Ka | -7,63 | -1,38 | -10,54 | -11,364 | -17,407 | -19,948 |
| | C - D | Tump. Ki | -3,09 | -0,51 | 14,75 | -4,524 | 11,969 | 11,922 |
| | | Lapangan | -1,07 | -0,25 | | -1,684 | -0,963 | -1,281 |
| | | Tump. Ka | -3,09 | -0,51 | -14,74 | -4,524 | -17,521 | -19,043 |
| | D - E | Tump. Ki | -7,63 | -1,38 | 10,54 | -11,364 | 3,673 | 2,186 |
| | | Lapangan | 4,94 | 0,91 | 3,50 | 7,384 | 7,946 | 9,435 |
| | | Tump. Ka | -7,60 | -1,40 | -12,73 | -11,360 | -19,570 | -22,229 |
| 2 | A - B | Tump. Ki | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Lapangan | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Tump. Ka | -3,03 | -0,54 | | -4,500 | -2,727 | -3,522 |
| | B - C | Tump. Ki | -7,76 | -1,43 | 10,95 | -11,600 | 3,966 | 2,449 |
| | | Lapangan | 4,84 | 0,89 | 2,54 | 7,232 | 6,896 | 8,310 |
| | | Tump. Ka | -7,68 | -1,39 | -9,46 | -11,440 | -16,372 | -18,873 |
| | C - D | Tump. Ki | -2,88 | -0,47 | 12,52 | -4,208 | 9,928 | 9,826 |
| | | Lapangan | 0,86 | -0,21 | | 0,696 | 0,774 | 0,771 |
| | | Tump. Ka | -2,88 | -0,47 | -12,51 | -4,208 | -15,102 | -16,456 |
| | D - E | Tump. Ki | -7,68 | -1,39 | 9,47 | -11,440 | 2,558 | 1,004 |
| | | Lapangan | 4,84 | 0,89 | 3,50 | 7,232 | 7,856 | 9,318 |
| | | Tump. Ka | -7,76 | -1,43 | -10,95 | -11,600 | -17,934 | -20,546 |
| 3 | A - B | Tump. Ki | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Lapangan | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Tump. Ka | -3,03 | -0,54 | | -4,500 | -2,727 | -3,522 |
| | B - C | Tump. Ki | -7,55 | -1,39 | 9,81 | -11,284 | 3,015 | 1,497 |
| | | Lapangan | 4,99 | 0,92 | 2,22 | 7,460 | 6,711 | 8,150 |
| | | Tump. Ka | -7,58 | -1,36 | -8,33 | -11,272 | -15,152 | -17,562 |
| | C - D | Tump. Ki | -3,21 | -0,53 | 9,27 | -4,700 | 6,381 | 6,029 |
| | | Lapangan | -1,19 | -0,27 | | -1,860 | -1,071 | -1,420 |
| | | Tump. Ka | -3,21 | -0,53 | -9,26 | -4,700 | -12,149 | -13,427 |
| | D - E | Tump. Ki | -7,58 | -1,36 | 8,33 | -11,272 | 1,508 | -0,069 |
| | | Lapangan | 4,99 | 0,92 | 3,50 | 7,460 | 7,991 | 9,494 |
| | | Tump. Ka | -7,55 | -1,39 | -9,80 | -11,284 | -16,595 | -19,093 |
| 4 | A - B | Tump. Ki | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Lapangan | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Tump. Ka | -3,03 | -0,54 | | -4,500 | -2,727 | -3,522 |
| | B - C | Tump. Ki | -7,39 | -1,36 | 7,91 | -11,044 | 1,259 | -0,311 |
| | | Lapangan | 5,11 | 0,95 | 1,76 | 7,652 | 6,359 | 7,812 |
| | | Tump. Ka | -7,50 | -1,35 | -6,75 | -11,160 | -13,500 | -15,813 |
| | C - D | Tump. Ki | -3,44 | -0,58 | 6,25 | -5,056 | 3,154 | 2,585 |
| | | Lapangan | -1,42 | -0,32 | | -2,216 | -1,278 | -1,693 |
| | | Tump. Ka | -3,44 | -0,58 | -6,25 | -5,056 | -9,346 | -10,540 |
| | D - E | Tump. Ki | -7,50 | -1,35 | 6,75 | -11,160 | 0,000 | -1,638 |
| | | Lapangan | 5,11 | 0,95 | 3,50 | 7,652 | 8,099 | 9,639 |
| | | Tump. Ka | -7,39 | -1,36 | -7,90 | -11,044 | -14,551 | -16,911 |
| 5 | A - B | Tump. Ki | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Lapangan | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Tump. Ka | -3,03 | -0,54 | | -4,500 | -2,727 | -3,522 |
| | B - C | Tump. Ki | -6,95 | -1,30 | 5,18 | -10,420 | -1,075 | -2,678 |
| | | Lapangan | 5,37 | 0,96 | 1,67 | 8,012 | 6,503 | 8,009 |
| | | Tump. Ka | -7,43 | -1,33 | -4,57 | -11,044 | -11,257 | -13,438 |
| | C - D | Tump. Ki | -2,82 | -0,25 | 9,35 | -5,328 | 0,354 | 1,807 |
| | | Lapangan | | | | | | |
| | | Tump. Ka | | | | | | |

TABEL MOMEN RENCANA BALOK PORTAL AS - 1

| LANTAI | BALOK | LOKASI | MD (Tm) | ML (Tm) | ME (Tm) | $1,2MD+1,6ML$ (Tm) | $0,9MD+ME$ (Tm) | $1,05(MD+0,8ML+ME)$ (Tm) |
|--------|-------|----------|------------|------------|------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|
| | D - E | Lapangan | -1,87 | -0,39 | | -2,868 | -1,683 | -2,209 |
| | | Tump. Ka | -3,89 | -0,65 | -2,75 | -5,708 | -6,251 | -7,382 |
| | | Tump. Ki | -7,43 | -1,33 | 4,57 | -11,044 | -2,117 | -3,841 |
| | | Lapangan | 5,37 | 0,98 | 3,50 | 8,012 | 8,333 | 9,931 |
| | | Tump. Ka | -6,95 | -1,30 | -5,47 | -10,420 | -11,725 | -13,860 |
| 6 | A - B | Tump. Ki | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Lapangan | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Tump. Ka | -1,76 | -0,26 | | -2,528 | -1,584 | -2,012 |
| | B - C | Tump. Ki | -3,10 | -0,63 | 1,77 | -4,728 | -1,020 | -1,793 |
| | | Lapangan | 2,02 | 0,48 | 0,74 | 3,192 | 2,558 | 3,200 |
| | | Tump. Ka | -2,84 | -0,65 | -1,69 | -4,448 | -4,246 | -5,166 |
| | C - D | Tump. Ki | -1,37 | -0,32 | 0,61 | -2,156 | -0,623 | -1,000 |
| | | Lapangan | -0,71 | -0,19 | | -1,156 | -0,639 | -0,865 |
| | | Tump. Ka | -1,37 | -0,32 | -0,60 | -2,156 | -1,833 | -2,270 |
| | D - E | Tump. Ki | -2,84 | -0,65 | 1,69 | -4,448 | -0,866 | -1,617 |
| | | Lapangan | 2,02 | 0,48 | 0,20 | 3,192 | 2,018 | 2,633 |
| | | Tump. Ka | -3,10 | -0,63 | -1,77 | -4,728 | -4,560 | -5,510 |

TABEL MOMEN RENCANA BALOK PORTAL AS - 6

| LANTAI | BALOK | LOKASI | MD (Tm) | ML (Tm) | ME (Tm) | 1,2MD+1,6ML (Tm) | 0,9MD+ME (Tm) | 1,05(MD+0,6ML+ME) (Tm) |
|--------|-------|----------|------------|------------|------------|---------------------|------------------|---------------------------|
| 1 | A - B | Tump. Ki | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Lapangan | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Tump. Ka | -4,93 | -1,07 | | -7,628 | -4,437 | -5,851 |
| | B - C | Tump. Ki | -4,31 | -1,74 | 5,08 | -7,956 | 1,201 | -0,288 |
| | | Lapangan | 2,45 | 1,18 | 1,48 | 4,828 | 3,685 | 4,870 |
| | | Tump. Ka | -5,45 | -2,46 | -5,66 | -10,476 | -10,565 | -13,215 |
| | C - D | Tump. Ki | -1,22 | -0,46 | 1,09 | -2,200 | -0,008 | -0,426 |
| | | Lapangan | 0,29 | 0,06 | | 0,444 | 0,261 | 0,342 |
| | | Tump. Ka | -1,22 | -0,46 | -1,12 | -2,200 | -2,218 | -2,747 |
| | D - E | Tump. Ki | -5,45 | -2,46 | 4,82 | -10,476 | -0,085 | -2,211 |
| | | Lapangan | 2,45 | 1,18 | 1,48 | 4,828 | 3,685 | 4,870 |
| | | Tump. Ka | -4,31 | -1,74 | -4,32 | -7,956 | -8,199 | -10,158 |
| 2 | A - B | Tump. Ki | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Lapangan | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Tump. Ka | -4,93 | -1,07 | | -7,628 | -4,437 | -5,851 |
| | B - C | Tump. Ki | -4,94 | -2,07 | 6,87 | -9,240 | 2,424 | 0,722 |
| | | Lapangan | 2,62 | 1,24 | 1,27 | 5,128 | 3,626 | 4,866 |
| | | Tump. Ka | -4,46 | -1,98 | -5,99 | -8,520 | -10,004 | -12,220 |
| | C - D | Tump. Ki | -1,19 | -0,41 | 0,51 | -2,084 | -0,561 | -0,972 |
| | | Lapangan | 0,32 | 0,11 | | 0,560 | 0,288 | 0,405 |
| | | Tump. Ka | -1,19 | -0,41 | -0,59 | -2,084 | -1,661 | -2,127 |
| | D - E | Tump. Ki | -5,93 | -2,61 | 6,49 | -11,292 | 1,153 | -1,056 |
| | | Lapangan | -2,45 | 1,16 | 1,48 | -1,084 | -0,725 | -0,288 |
| | | Tump. Ka | -3,89 | -1,65 | -5,76 | -7,308 | -9,261 | -11,172 |
| 3 | A - B | Tump. Ki | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Lapangan | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Tump. Ka | -4,93 | -1,07 | | -7,628 | -4,437 | -5,851 |
| | B - C | Tump. Ki | -3,56 | -1,50 | 7,52 | -6,672 | 4,316 | 3,213 |
| | | Lapangan | 2,40 | 1,18 | 1,98 | 4,768 | 4,140 | 5,342 |
| | | Tump. Ka | -6,43 | -2,75 | -8,75 | -12,116 | -14,537 | -17,672 |
| | C - D | Tump. Ki | -1,09 | -0,43 | 0,43 | -1,996 | -0,551 | -0,964 |
| | | Lapangan | 0,42 | 0,09 | | 0,648 | 0,378 | 0,498 |
| | | Tump. Ka | -1,09 | -0,43 | -0,47 | -1,996 | -1,451 | -1,909 |
| | D - E | Tump. Ki | -6,43 | -2,75 | 7,37 | -12,116 | 1,583 | -0,746 |
| | | Lapangan | 2,40 | 1,18 | 1,48 | 4,768 | 3,640 | 4,817 |
| | | Tump. Ka | -3,56 | -1,50 | -6,32 | -6,672 | -9,524 | -11,319 |
| 4 | A - B | Tump. Ki | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Lapangan | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Tump. Ka | -4,93 | -1,07 | | -7,628 | -4,437 | -5,851 |
| | B - C | Tump. Ki | -3,39 | -1,40 | 7,42 | -6,308 | 4,369 | 3,350 |
| | | Lapangan | 2,48 | 1,20 | 1,96 | 4,896 | 4,192 | 5,418 |
| | | Tump. Ka | -6,46 | -2,83 | -8,97 | -12,280 | -14,784 | -17,984 |
| | C - D | Tump. Ki | -1,47 | -0,47 | 0,20 | -2,516 | -1,123 | -1,630 |
| | | Lapangan | 0,03 | 0,05 | | 0,116 | 0,027 | 0,063 |
| | | Tump. Ka | -1,47 | -0,47 | -0,27 | -2,516 | -1,593 | -2,123 |
| | D - E | Tump. Ki | -6,46 | -2,83 | 7,55 | -12,280 | 1,736 | -0,638 |
| | | Lapangan | 2,48 | 1,20 | 1,48 | 4,896 | 3,712 | 4,914 |
| | | Tump. Ka | -3,39 | -1,40 | -6,22 | -6,308 | -9,271 | -10,973 |
| 5 | A - B | Tump. Ki | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Lapangan | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Tump. Ka | -4,93 | -1,07 | | -7,628 | -4,437 | -5,851 |
| | B - C | Tump. Ki | -3,62 | -1,38 | 6,70 | -6,552 | 3,442 | 2,365 |
| | | Lapangan | 2,09 | 1,36 | 1,41 | 4,684 | 3,291 | 4,532 |
| | | Tump. Ka | -7,03 | -2,94 | -8,62 | -3,732 | -14,947 | -14,580 |

TABEL MOMEN RENCANA BALOK PORTAL AS - 6

| LANTAI | BALOK | LOKASI | MD (Tm) | ML (Tm) | ME (Tm) | 1,2MD+1,8ML (Tm) | 0,9MD+ME (Tm) | 1,05(MD+0,8ML+ME) (Tm) |
|--------|-------|----------|------------|------------|------------|---------------------|------------------|---------------------------|
| | | Lapangan | 0,83 | 0,15 | | 1,236 | 0,747 | 0,966 |
| | | Tump. Ka | -0,68 | -0,28 | -0,04 | -1,264 | -0,652 | -0,932 |
| | D - E | Tump. Ki | -7,03 | -2,94 | 7,25 | -13,140 | 0,923 | -1,621 |
| | | Lapangan | 2,09 | 1,16 | 1,48 | 4,364 | 3,361 | 4,479 |
| | | Tump. Ka | -3,62 | -1,38 | -5,60 | -6,552 | -8,858 | -10,550 |
| 6 | A - B | Tump. Ki | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Lapangan | | | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | Tump. Ka | -3,12 | -0,37 | | -4,336 | -2,808 | -3,509 |
| | B - C | Tump. Ki | -3,94 | -0,79 | 3,34 | -5,992 | -0,206 | -1,128 |
| | | Lapangan | 3,58 | 0,90 | 1,35 | 5,736 | 4,572 | 5,744 |
| | | Tump. Ka | -7,55 | -1,96 | -4,27 | -12,196 | -11,065 | -13,646 |
| | C - D | Tump. Ki | -1,42 | -0,28 | -0,09 | -2,152 | -1,368 | -1,762 |
| | | Lapangan | -0,22 | -0,03 | | -0,312 | -0,196 | -0,250 |
| | | Tump. Ka | -1,42 | -0,28 | 0,07 | -2,152 | -1,208 | -1,594 |
| | D - E | Tump. Ki | -7,55 | -1,96 | 3,57 | -12,196 | -3,225 | -5,414 |
| | | Lapangan | 3,58 | 0,90 | 0,50 | 5,736 | 3,722 | 4,851 |
| | | Tump. Ka | -3,94 | -0,79 | -2,77 | -5,992 | -6,316 | -7,543 |

TABEL MOMEN RENCANA BALOK PORTAL AS - B

| LANTAI | BALOK | LOKASI | MD (Tm) | ML (Tm) | ME (Tm) | 1,2MD+1,6ML (Tm) | 0,9MD+ME (Tm) | 1,05(MD+0,6ML+ME) (Tm) |
|--------|---------|----------|------------|------------|------------|---------------------|------------------|---------------------------|
| 1 | 1 - 2 | Tump. Ki | -1,93 | -0,50 | 5,09 | -3,116 | 3,353 | 3,003 |
| | | Lapangan | 1,08 | 0,25 | | 1,696 | 0,972 | 1,292 |
| | | Tump. Ka | -1,99 | -0,38 | -4,77 | -2,996 | -6,561 | -7,337 |
| | 2 - 3 | Tump. Ki | -2,02 | -0,46 | 4,62 | -3,160 | 2,802 | 2,440 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,02 | -0,46 | -4,62 | -3,160 | -6,438 | -7,262 |
| | 3 - 4 | Tump. Ki | -2,02 | -0,46 | 4,59 | -3,160 | 2,772 | 2,409 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,03 | -0,46 | -4,57 | -3,172 | -6,397 | -7,220 |
| | 4 - 5 | Tump. Ki | -2,02 | -0,46 | 4,55 | -3,160 | 2,732 | 2,367 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,03 | -0,46 | -4,54 | -3,172 | -6,367 | -7,188 |
| | 5 - 6 | Tump. Ki | -2,00 | -0,45 | 4,55 | -3,120 | 2,750 | 2,394 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,05 | -0,47 | -4,55 | -3,212 | -6,395 | -7,226 |
| | 6 - 7 | Tump. Ki | -2,03 | -0,46 | 4,45 | -3,172 | 2,623 | 2,251 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,03 | -0,46 | -4,44 | -3,172 | -6,267 | -7,083 |
| | 7 - 8 | Tump. Ki | -2,03 | -0,46 | 4,46 | -3,172 | 2,633 | 2,262 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,02 | -0,46 | -4,46 | -3,160 | -6,278 | -7,094 |
| | 8 - 9 | Tump. Ki | -2,03 | -0,46 | 4,45 | -3,172 | 2,623 | 2,251 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,02 | -0,46 | -4,45 | -3,160 | -6,268 | -7,083 |
| | 9 - 10 | Tump. Ki | -2,02 | -0,46 | 4,44 | -3,160 | 2,622 | 2,251 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,02 | -0,46 | -4,43 | -3,160 | -6,248 | -7,062 |
| | 10 - 11 | Tump. Ki | -1,99 | -0,38 | 4,53 | -2,996 | 2,739 | 2,428 |
| | | Lapangan | 1,08 | 0,25 | | 1,696 | 0,972 | 1,292 |
| | | Tump. Ka | -1,93 | -0,50 | -4,82 | -3,116 | -6,557 | -7,403 |
| | 11 - 12 | Tump. Ki | -2,05 | -0,47 | 4,50 | -3,212 | 2,655 | 2,276 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,00 | -0,45 | -4,49 | -3,120 | -6,290 | -7,098 |
| 2 | 1 - 2 | Tump. Ki | -2,05 | -0,57 | 4,89 | -3,372 | 3,045 | 2,623 |
| | | Lapangan | 1,07 | 0,25 | | 1,684 | 0,963 | 1,281 |
| | | Tump. Ka | -1,89 | -0,32 | -4,63 | -2,780 | -6,331 | -7,048 |
| | 2 - 3 | Tump. Ki | -2,01 | -0,45 | 4,61 | -3,132 | 2,801 | 2,447 |
| | | Lapangan | 1,02 | 0,23 | | 1,592 | 0,918 | 1,216 |
| | | Tump. Ka | -2,03 | -0,46 | -4,60 | -3,172 | -6,427 | -7,251 |
| | 3 - 4 | Tump. Ki | -2,02 | -0,46 | 4,56 | -3,160 | 2,742 | 2,377 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,03 | -0,46 | -4,55 | -3,172 | -6,377 | -7,199 |
| | 4 - 5 | Tump. Ki | -2,02 | -0,46 | 4,54 | -3,160 | 2,722 | 2,356 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,03 | -0,46 | -4,52 | -3,172 | -6,347 | -7,167 |
| | 5 - 6 | Tump. Ki | -1,98 | -0,44 | 4,56 | -3,080 | 2,778 | 2,432 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,07 | -0,48 | -4,57 | -3,252 | -6,433 | -7,274 |
| | 6 - 7 | Tump. Ki | -2,03 | -0,46 | 4,41 | -3,172 | 2,583 | 2,209 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,03 | -0,46 | -4,40 | -3,172 | -6,227 | -7,041 |
| | 7 - 8 | Tump. Ki | -2,07 | -0,48 | 4,62 | -3,252 | 2,757 | 2,375 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |

TABEL MOMEN RENCANA BALOK PORTAL AS - B

| LANTAI | BALOK | LOKASI | MD (Tm) | ML (Tm) | ME (Tm) | 1,2MD+1,6ML (Tm) | 0,9MD+ME (Tm) | 1,05(MD+0,6ML+ME) (Tm) |
|--------|---------|----------|------------|------------|------------|---------------------|------------------|---------------------------|
| | 9 - 10 | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,02 | -0,46 | -4,50 | -3,160 | -6,318 | -7,136 |
| | | Tump. Ki | -2,03 | -0,46 | 4,47 | -3,172 | 2,643 | 2,272 |
| | 10 - 11 | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,02 | -0,46 | -4,47 | -3,160 | -6,288 | -7,104 |
| | | Tump. Ki | -2,03 | -0,46 | 4,46 | -3,172 | 2,633 | 2,262 |
| | 11 - 12 | Lapangan | 1,02 | 0,23 | | 1,592 | 0,918 | 1,216 |
| | | Tump. Ka | -2,01 | -0,45 | -4,45 | -3,132 | -6,259 | -7,067 |
| | | Tump. Ki | -1,89 | -0,32 | 4,45 | -2,780 | 2,749 | 2,486 |
| | | Lapangan | 1,07 | 0,25 | | 1,684 | 0,963 | 1,281 |
| | | Tump. Ka | -2,05 | -0,57 | -4,46 | -3,372 | -6,305 | -7,195 |
| | | Tump. Ki | -2,09 | -0,61 | 4,44 | -3,484 | 2,559 | 2,083 |
| 3 | 1 - 2 | Lapangan | 1,09 | 0,26 | | 1,724 | 0,981 | 1,308 |
| | | Tump. Ka | -1,08 | -0,28 | -4,68 | -1,745 | -5,653 | -6,225 |
| | | Tump. Ki | -2,01 | -0,45 | 4,25 | -3,132 | 2,441 | 2,069 |
| | 2 - 3 | Lapangan | 1,02 | 0,24 | | 1,608 | 0,918 | 1,222 |
| | | Tump. Ka | -2,02 | -0,45 | -4,23 | -3,144 | -6,048 | -6,846 |
| | | Tump. Ki | -2,02 | -0,46 | 4,20 | -3,160 | 2,382 | 1,999 |
| | 3 - 4 | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,02 | -0,46 | -4,19 | -3,160 | -6,008 | -6,810 |
| | | Tump. Ki | -2,02 | -0,46 | 4,18 | -3,160 | 2,362 | 1,978 |
| | 4 - 5 | Lapangan | 1,02 | 0,23 | | 1,592 | 0,918 | 1,216 |
| | | Tump. Ka | -2,02 | -0,46 | -4,16 | -3,160 | -5,978 | -6,779 |
| | | Tump. Ki | -1,97 | -0,44 | 4,23 | -3,068 | 2,457 | 2,096 |
| | 5 - 6 | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,08 | -0,48 | -4,25 | -3,264 | -6,122 | -6,949 |
| | | Tump. Ki | -2,03 | -0,46 | 4,03 | -3,172 | 2,203 | 1,810 |
| | 6 - 7 | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,03 | -0,46 | -4,03 | -3,172 | -5,857 | -6,653 |
| | | Tump. Ki | -2,08 | -0,48 | 4,18 | -3,264 | 2,308 | 1,903 |
| | 7 - 8 | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -1,97 | -0,44 | -4,15 | -3,068 | -5,923 | -6,703 |
| | | Tump. Ki | -2,02 | -0,46 | 4,12 | -3,160 | 2,302 | 1,915 |
| | 8 - 9 | Lapangan | 1,02 | 0,23 | | 1,592 | 0,918 | 1,216 |
| | | Tump. Ka | -2,02 | -0,46 | -4,12 | -3,160 | -5,938 | -6,737 |
| | | Tump. Ki | -2,02 | -0,46 | 4,10 | -3,160 | 2,282 | 1,894 |
| | 9 - 10 | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,02 | -0,46 | -4,10 | -3,160 | -5,918 | -6,716 |
| | | Tump. Ki | -2,02 | -0,45 | 4,10 | -3,144 | 2,282 | 1,901 |
| | 10 - 11 | Lapangan | 1,02 | 0,24 | | 1,608 | 0,918 | 1,222 |
| | | Tump. Ka | -2,01 | -0,45 | -4,09 | -3,132 | -5,899 | -6,689 |
| | | Tump. Ki | -1,81 | -0,28 | 4,05 | -2,620 | 2,421 | 2,176 |
| | 11 - 12 | Lapangan | 1,09 | 0,26 | | 1,724 | 0,981 | 1,308 |
| | | Tump. Ka | -2,09 | -0,61 | -4,34 | -3,484 | -6,221 | -7,136 |
| | | Tump. Ki | -2,10 | -0,63 | 3,89 | -3,528 | 2,000 | 1,483 |
| 4 | 1 - 2 | Lapangan | 1,10 | 0,26 | | 1,736 | 0,990 | 1,319 |
| | | Tump. Ka | -1,77 | -0,25 | -3,56 | -2,524 | -5,153 | -5,754 |
| | | Tump. Ki | -2,00 | -0,44 | 3,60 | -3,104 | 1,800 | 1,403 |
| | 2 - 3 | Lapangan | 1,02 | 0,24 | | 1,608 | 0,918 | 1,222 |
| | | Tump. Ka | -2,03 | -0,46 | -3,58 | -3,172 | -5,407 | -6,180 |
| | | Tump. Ki | -2,02 | -0,46 | 3,55 | -3,160 | 1,732 | 1,317 |
| | 3 - 4 | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,03 | -0,46 | -3,54 | -3,172 | -5,367 | -6,138 |
| | | Tump. Ki | -2,02 | -0,46 | 3,53 | -3,160 | 1,712 | 1,296 |

TABEL MOMEN RENCANA BALOK PORTAL AS - B

| LANTAI | BALOK | LOKASI | MD (Tm) | ML (Tm) | ME (Tm) | 1,2MD+1,8ML (Tm) | 0,9MD+ME (Tm) | 1,05(MD+0,6ML+ME) (Tm) |
|--------|---------|----------|------------|------------|------------|---------------------|------------------|---------------------------|
| | 5 - 6 | Tump. Ka | -2,02 | -0,46 | -3,50 | -3,160 | -5,318 | -6,086 |
| | | Tump. Ki | -1,96 | -0,43 | 3,59 | -3,040 | 1,826 | 1,441 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | 6 - 7 | Tump. Ka | -2,09 | -0,48 | -3,62 | -3,276 | -5,501 | -6,298 |
| | | Tump. Ki | -2,03 | -0,46 | 3,37 | -3,172 | 1,543 | 1,117 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | 7 - 8 | Tump. Ka | -2,03 | -0,46 | -3,37 | -3,172 | -5,197 | -5,960 |
| | | Tump. Ki | -2,09 | -0,48 | 3,55 | -3,276 | 1,669 | 1,231 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | 8 - 9 | Tump. Ka | -1,96 | -0,43 | -3,51 | -3,040 | -5,274 | -6,014 |
| | | Tump. Ki | -2,02 | -0,46 | 3,46 | -3,160 | 1,642 | 1,222 |
| | | Lapangan | 1,02 | 0,23 | | 1,592 | 0,918 | 1,216 |
| | 9 - 10 | Tump. Ka | -2,02 | -0,46 | -3,47 | -3,160 | -5,288 | -6,054 |
| | | Tump. Ki | -2,03 | -0,46 | 3,46 | -3,172 | 1,633 | 1,212 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | 10 - 11 | Tump. Ka | -2,02 | -0,46 | -3,45 | -3,160 | -5,268 | -6,033 |
| | | Tump. Ki | -2,03 | -0,46 | 3,46 | -3,172 | 1,633 | 1,212 |
| | | Lapangan | 1,02 | 0,24 | | 1,608 | 0,918 | 1,222 |
| | 11 - 12 | Tump. Ka | -2,00 | -0,44 | -3,46 | -3,104 | -5,260 | -6,010 |
| | | Tump. Ki | -1,77 | -0,25 | 3,38 | -2,524 | 1,787 | 1,533 |
| | | Lapangan | 1,10 | 0,26 | | 1,736 | 0,990 | 1,319 |
| | | Tump. Ka | -2,10 | -0,63 | -3,68 | -3,528 | -5,570 | -6,466 |
| 5 | 1 - 2 | Tump. Ki | -2,05 | -0,62 | 2,49 | -3,452 | 0,645 | 0,071 |
| | | Lapangan | 1,13 | 0,27 | | 1,788 | 1,017 | 1,357 |
| | | Tump. Ka | -1,76 | -0,24 | -2,24 | -2,496 | -3,824 | -4,351 |
| | 2 - 3 | Tump. Ki | -1,99 | -0,44 | 2,37 | -3,092 | 0,579 | 0,122 |
| | | Lapangan | 1,02 | 0,24 | | 1,608 | 0,918 | 1,222 |
| | | Tump. Ka | -2,04 | -0,46 | -2,37 | -3,184 | -4,206 | -4,920 |
| | 3 - 4 | Tump. Ki | -2,01 | -0,45 | 2,35 | -3,132 | 0,541 | 0,074 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,03 | -0,46 | -2,35 | -3,172 | -4,177 | -4,889 |
| | 4 - 5 | Tump. Ki | -2,02 | -0,46 | 2,36 | -3,160 | 0,542 | 0,067 |
| | | Lapangan | 1,02 | 0,23 | | 1,592 | 0,918 | 1,216 |
| | | Tump. Ka | -2,02 | -0,46 | -2,34 | -3,160 | -4,158 | -4,868 |
| | 5 - 6 | Tump. Ki | -1,95 | -0,43 | 2,46 | -3,028 | 0,705 | 0,265 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,10 | -0,49 | -2,51 | -3,304 | -4,400 | -5,149 |
| | 6 - 7 | Tump. Ki | -2,03 | -0,46 | 2,25 | -3,172 | 0,423 | -0,059 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,03 | -0,46 | -2,26 | -3,172 | -4,087 | -4,794 |
| | 7 - 8 | Tump. Ki | -2,10 | -0,49 | 2,45 | -3,304 | 0,560 | 0,059 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -1,95 | -0,43 | -2,41 | -3,028 | -4,165 | -4,849 |
| | 8 - 9 | Tump. Ki | -2,02 | -0,46 | 2,37 | -3,160 | 0,552 | 0,078 |
| | | Lapangan | 1,02 | 0,23 | | 1,592 | 0,918 | 1,216 |
| | | Tump. Ka | -2,02 | -0,46 | -2,37 | -3,160 | -4,188 | -4,899 |
| | 9 - 10 | Tump. Ki | -2,03 | -0,46 | 2,37 | -3,172 | 0,543 | 0,067 |
| | | Lapangan | 1,01 | 0,23 | | 1,580 | 0,909 | 1,205 |
| | | Tump. Ka | -2,01 | -0,45 | -2,37 | -3,132 | -4,179 | -4,883 |
| | 10 - 11 | Tump. Ki | -2,04 | -0,46 | 2,37 | -3,184 | 0,534 | 0,057 |
| | | Lapangan | 1,02 | 0,24 | | 1,608 | 0,918 | 1,222 |
| | | Tump. Ka | -1,99 | -0,44 | -2,38 | -3,092 | -4,171 | -4,866 |
| | 11 - 12 | Tump. Ki | -1,76 | -0,24 | 2,25 | -2,496 | 0,666 | 0,363 |
| | | Lapangan | 1,13 | 0,27 | | 1,788 | 1,017 | 1,357 |

TABEL MOMEN RENCANA BALOK PORTAL AS - B

| LANTAI | BALOK | LOKASI | MD (Tm) | ML (Tm) | ME (Tm) | 1,2MD+1,6ML (Tm) | 0,9MD+ME (Tm) | 1,05(MD+0,6ML+ME) (Tm) |
|--------|---------|----------|------------|------------|------------|---------------------|------------------|---------------------------|
| 6 | 1 - 2 | Tump. Ki | -1,03 | -0,35 | 0,98 | -1,796 | 0,053 | -0,273 |
| | | Lapangan | 0,58 | 0,16 | | 0,952 | 0,522 | 0,710 |
| | | Tump. Ka | -0,69 | -0,04 | -0,81 | -0,892 | -1,431 | -1,600 |
| | 2 - 3 | Tump. Ki | -0,86 | -0,17 | 1,03 | -1,304 | 0,256 | 0,071 |
| | | Lapangan | 0,51 | 0,13 | | 0,820 | 0,459 | 0,617 |
| | | Tump. Ka | -1,00 | -0,24 | -1,00 | -1,584 | -1,900 | -2,251 |
| | 3 - 4 | Tump. Ki | -0,95 | -0,22 | 0,98 | -1,492 | 0,125 | -0,107 |
| | | Lapangan | 0,48 | 0,11 | | 0,752 | 0,432 | 0,573 |
| | | Tump. Ka | -0,97 | -0,23 | -1,00 | -1,532 | -1,873 | -2,213 |
| | 4 - 5 | Tump. Ki | -0,95 | -0,22 | 1,00 | -1,492 | 0,145 | -0,086 |
| | | Lapangan | 0,49 | 0,11 | | 0,764 | 0,441 | 0,584 |
| | | Tump. Ka | -0,94 | -0,22 | -0,97 | -1,480 | -1,816 | -2,144 |
| | 5 - 6 | Tump. Ki | -0,90 | -0,20 | 1,10 | -1,400 | 0,290 | 0,084 |
| | | Lapangan | 0,48 | 0,11 | | 0,752 | 0,432 | 0,573 |
| | | Tump. Ka | -1,02 | -0,25 | -1,18 | -1,624 | -2,098 | -2,468 |
| | 6 - 7 | Tump. Ki | -0,97 | -0,23 | 0,95 | -1,532 | 0,077 | -0,166 |
| | | Lapangan | 0,47 | 0,11 | | 0,740 | 0,423 | 0,563 |
| | | Tump. Ka | -0,97 | -0,23 | -0,96 | -1,532 | -1,833 | -2,171 |
| | 7 - 8 | Tump. Ki | -1,02 | -2,25 | 1,15 | -4,824 | 0,232 | -1,281 |
| | | Lapangan | 0,48 | 0,11 | | 0,752 | 0,432 | 0,573 |
| | | Tump. Ka | -0,90 | -0,20 | -1,08 | -1,400 | -1,890 | -2,205 |
| | 8 - 9 | Tump. Ki | -0,94 | -0,23 | 1,03 | -1,496 | 0,184 | -0,050 |
| | | Lapangan | 0,49 | 0,12 | | 0,780 | 0,441 | 0,590 |
| | | Tump. Ka | -0,95 | -0,22 | -1,05 | -1,492 | -1,905 | -2,239 |
| | 9 - 10 | Tump. Ki | -0,97 | -0,23 | 1,06 | -1,532 | 0,187 | -0,050 |
| | | Lapangan | 0,48 | 0,11 | | 0,752 | 0,432 | 0,573 |
| | | Tump. Ka | -0,95 | -0,22 | -1,05 | -1,492 | -1,905 | -2,239 |
| | 10 - 11 | Tump. Ki | -1,00 | -0,24 | 1,07 | -1,584 | 0,170 | -0,078 |
| | | Lapangan | 0,51 | 0,13 | | 0,820 | 0,459 | 0,617 |
| | | Tump. Ka | -0,86 | -0,17 | -1,10 | -1,304 | -1,874 | -2,165 |
| | 11 - 12 | Tump. Ki | -0,69 | -0,04 | 0,93 | -0,892 | 0,309 | 0,227 |
| | | Lapangan | 0,58 | 0,16 | | 0,952 | 0,522 | 0,710 |
| | | Tump. Ka | -1,03 | -0,35 | -1,14 | -1,796 | -2,067 | -2,499 |

TABEL MOMEN RENCANA BALOK PORTAL AS - C

| LANTAI | BALOK | LOKASI | MD (Tm) | ML (Tm) | ME (Tm) | 1,2MD+1,6ML (Tm) | 0,9MD+ME (Tm) | 1,05(MD+0,8ML+ME) (Tm) |
|--------|---------|----------|------------|------------|------------|---------------------|------------------|---------------------------|
| 1 | 1 - 2 | Tump. Ki | -2,03 | -0,62 | 2,82 | -3,428 | 0,993 | 0,439 |
| | | Lapangan | 1,19 | 0,31 | | 1,924 | 1,071 | 1,445 |
| | | Tump. Ka | -2,29 | -0,50 | -2,63 | -3,548 | -4,691 | -5,481 |
| | 2 - 3 | Tump. Ki | -2,24 | -0,58 | 2,57 | -3,616 | 0,554 | -0,019 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | | Tump. Ka | -2,23 | -0,57 | -2,56 | -3,588 | -4,567 | -5,389 |
| | 3 - 4 | Tump. Ki | -2,24 | -0,58 | 2,52 | -3,616 | 0,504 | -0,071 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | | Tump. Ka | -2,23 | -0,58 | -2,50 | -3,604 | -4,507 | -5,332 |
| | 4 - 5 | Tump. Ki | -2,22 | -0,57 | 2,49 | -3,576 | 0,492 | -0,076 |
| | | Lapangan | 1,13 | 0,29 | | 1,820 | 1,017 | 1,369 |
| | | Tump. Ka | -2,23 | -0,57 | -2,39 | -3,588 | -4,397 | -5,210 |
| | 5 - 6 | Tump. Ki | -1,75 | -0,39 | 3,81 | -2,724 | 2,235 | 1,917 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | | Tump. Ka | -2,75 | -0,78 | -4,07 | -4,548 | -6,545 | -7,652 |
| | 6 - 7 | Tump. Ki | -2,24 | -0,58 | 0,38 | -3,616 | -1,636 | -2,318 |
| | | Lapangan | 1,11 | 0,29 | | 1,796 | 0,999 | 1,348 |
| | | Tump. Ka | -2,24 | -0,58 | -0,37 | -3,616 | -2,386 | -3,106 |
| | 7 - 8 | Tump. Ki | -2,15 | -0,78 | 3,71 | -3,828 | 1,775 | 1,147 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | | Tump. Ka | -1,75 | -0,39 | -3,45 | -2,724 | -5,025 | -5,706 |
| | 8 - 9 | Tump. Ki | -2,23 | -0,57 | 2,36 | -3,588 | 0,353 | -0,223 |
| | | Lapangan | 1,13 | 0,29 | | 1,820 | 1,017 | 1,369 |
| | | Tump. Ka | -2,22 | -0,57 | -2,43 | -3,576 | -4,428 | -5,242 |
| | 9 - 10 | Tump. Ki | -2,23 | -0,58 | 2,40 | -3,604 | 0,393 | -0,187 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | | Tump. Ka | -2,24 | -0,58 | -2,40 | -3,616 | -4,416 | -5,237 |
| | 10 - 11 | Tump. Ki | -2,23 | -0,57 | 2,40 | -3,588 | 0,393 | -0,181 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | | Tump. Ka | -2,24 | -0,58 | -2,40 | -3,616 | -4,416 | -5,237 |
| | 11 - 12 | Tump. Ki | -2,29 | -0,50 | 2,42 | -3,548 | 0,359 | -0,179 |
| | | Lapangan | 1,19 | 0,31 | | 1,924 | 1,071 | 1,445 |
| | | Tump. Ka | -2,03 | -0,62 | -2,57 | -3,428 | -4,397 | -5,221 |
| 2 | 1 - 2 | Tump. Ki | -2,10 | -0,69 | 3,60 | -3,624 | 1,710 | 1,140 |
| | | Lapangan | 1,18 | 0,31 | | 1,912 | 1,062 | 1,434 |
| | | Tump. Ka | -2,25 | -0,44 | -3,17 | -3,404 | -5,195 | -5,968 |
| | 2 - 3 | Tump. Ki | -2,22 | -0,57 | 3,18 | -3,576 | 1,182 | 0,649 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | | Tump. Ka | -2,25 | -0,58 | -3,17 | -3,628 | -5,195 | -6,056 |
| | 3 - 4 | Tump. Ki | -2,23 | -0,57 | 3,13 | -3,588 | 1,123 | 0,586 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | | Tump. Ka | -2,24 | -0,58 | -3,11 | -3,616 | -5,126 | -5,983 |
| | 4 - 5 | Tump. Ki | -2,19 | -0,56 | 3,16 | -3,524 | 1,189 | 0,666 |
| | | Lapangan | 1,14 | 0,30 | | 1,848 | 1,026 | 1,386 |
| | | Tump. Ka | -2,24 | -0,58 | -3,04 | -3,616 | -5,056 | -5,909 |
| | 5 - 6 | Tump. Ki | -1,44 | -0,27 | 5,07 | -2,160 | 3,774 | 3,641 |
| | | Lapangan | 1,15 | 0,31 | | 1,876 | 1,035 | 1,403 |
| | | Tump. Ka | -3,07 | -0,89 | -5,46 | -5,108 | -8,223 | -9,517 |
| | 6 - 7 | Tump. Ki | -2,24 | -0,58 | 0,19 | -3,616 | -1,826 | -2,518 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | | Tump. Ka | -2,24 | -0,58 | -0,20 | -3,616 | -2,216 | -2,927 |
| | 7 - 8 | Tump. Ki | -3,07 | -0,89 | 4,99 | -5,108 | 2,227 | 1,455 |
| | | Lapangan | 1,15 | 0,31 | | 1,876 | 1,035 | 1,403 |
| | | Tump. Ka | -1,44 | -0,27 | -4,60 | -2,160 | -5,896 | -6,512 |
| | 8 - 9 | Tump. Ki | -2,24 | -0,58 | 2,40 | -3,616 | 0,393 | -0,187 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | | Tump. Ka | -2,24 | -0,58 | -2,40 | -3,616 | -4,416 | -5,237 |

TABEL MOMEN RENCANA BALOK PORTAL AS - C

| LANTAI | BALOK | LOKASI | MD (Tm) | ML (Tm) | ME (Tm) | 1,2MD+1,6ML (Tm) | 0,9MD+ME (Tm) | 1,05(MD+0,6ML+ME) (Tm) |
|--------|---------|----------|------------|------------|------------|---------------------|------------------|---------------------------|
| | 9 - 10 | Lapangan | 1,14 | 0,30 | | 1,848 | 1,026 | 1,386 |
| | | Tump. Ka | -2,19 | -0,56 | -3,12 | -3,524 | -5,091 | -5,928 |
| | | Tump. Ki | -2,24 | -0,58 | 3,05 | -3,616 | 1,034 | 0,485 |
| | 10 - 11 | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | | Tump. Ka | -2,23 | -0,57 | -3,05 | -3,588 | -5,057 | -5,903 |
| | | Tump. Ki | -2,25 | -0,58 | 3,05 | -3,628 | 1,025 | 0,475 |
| | 11 - 12 | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | | Tump. Ka | -2,22 | -0,57 | -3,05 | -3,576 | -5,048 | -5,893 |
| | | Tump. Ki | -2,25 | -0,44 | 3,00 | -3,404 | 0,975 | 0,510 |
| | | Lapangan | 1,18 | 0,31 | | 1,912 | 1,062 | 1,434 |
| | | Tump. Ka | -2,10 | -0,69 | -3,17 | -3,624 | -5,060 | -5,968 |
| | | Tump. Ki | -2,10 | -0,73 | 3,67 | -3,688 | 1,780 | 1,189 |
| 3 | 1 - 2 | Lapangan | 1,20 | 0,32 | | 1,952 | 1,080 | 1,462 |
| | | Tump. Ka | -2,21 | -0,39 | -3,41 | -3,276 | -5,399 | -6,147 |
| | | Tump. Ki | -2,23 | -0,57 | 3,43 | -3,588 | 1,423 | 0,901 |
| | 2 - 3 | Lapangan | 1,12 | 0,30 | | 1,824 | 1,008 | 1,365 |
| | | Tump. Ka | -2,24 | -0,57 | -3,42 | -3,600 | -5,436 | -6,302 |
| | | Tump. Ki | -2,24 | -0,58 | 3,37 | -3,616 | 1,354 | 0,821 |
| | 3 - 4 | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | | Tump. Ka | -2,23 | -0,58 | -3,36 | -3,604 | -5,367 | -6,235 |
| | | Tump. Ki | -2,19 | -0,56 | 3,42 | -3,524 | 1,449 | 0,939 |
| | 4 - 5 | Lapangan | 1,15 | 0,30 | | 1,860 | 1,035 | 1,397 |
| | | Tump. Ka | -2,20 | -0,56 | -3,25 | -3,536 | -5,230 | -6,075 |
| | | Tump. Ki | -1,16 | -0,17 | 5,66 | -1,664 | 4,616 | 4,618 |
| | 5 - 6 | Lapangan | 1,17 | 0,33 | | 1,932 | 1,053 | 1,436 |
| | | Tump. Ka | -3,39 | -1,01 | -6,25 | -5,684 | -9,301 | -10,758 |
| | | Tump. Ki | -2,24 | -0,58 | 0,17 | -3,616 | -1,846 | -2,539 |
| | 6 - 7 | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | | Tump. Ka | -2,24 | -0,58 | -0,17 | -3,616 | -2,186 | -2,896 |
| | | Tump. Ki | -3,39 | -1,01 | 5,67 | -5,684 | 2,619 | 1,758 |
| | 7 - 8 | Lapangan | 1,17 | 0,33 | | 1,932 | 1,053 | 1,436 |
| | | Tump. Ka | -1,16 | -0,17 | -5,11 | -1,664 | -6,154 | -6,691 |
| | | Tump. Ki | -2,20 | -0,56 | 3,26 | -3,536 | 1,280 | 0,760 |
| | 8 - 9 | Lapangan | 1,15 | 0,30 | | 1,860 | 1,035 | 1,397 |
| | | Tump. Ka | -2,19 | -0,56 | -3,38 | -3,524 | -5,351 | -6,201 |
| | | Tump. Ki | -2,23 | -0,58 | 3,29 | -3,604 | 1,283 | 0,748 |
| | 9 - 10 | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | | Tump. Ka | -2,24 | -0,58 | -3,29 | -3,616 | -5,306 | -6,172 |
| | | Tump. Ki | -2,24 | -0,57 | 3,30 | -3,600 | 1,284 | 0,754 |
| | 10 - 11 | Lapangan | 1,12 | 0,30 | | 1,824 | 1,008 | 1,365 |
| | | Tump. Ka | -2,23 | -0,57 | -3,30 | -3,588 | -5,307 | -6,166 |
| | | Tump. Ki | -2,21 | -0,39 | 3,24 | -3,276 | 1,251 | 0,836 |
| | 11 - 12 | Lapangan | 1,20 | 0,32 | | 1,952 | 1,080 | 1,462 |
| | | Tump. Ka | -2,10 | -0,73 | -3,48 | -3,688 | -5,370 | -6,319 |
| 4 | 1 - 2 | Tump. Ki | -2,09 | -0,74 | 3,57 | -3,692 | 1,689 | 1,088 |
| | | Lapangan | 1,21 | 0,32 | | 1,964 | 1,089 | 1,472 |
| | | Tump. Ka | -2,20 | -0,36 | -3,27 | -3,216 | -5,250 | -5,970 |
| | 2 - 3 | Tump. Ki | -2,22 | -0,56 | 3,30 | -3,560 | 1,302 | 0,781 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,30 | | 1,824 | 1,008 | 1,365 |
| | | Tump. Ka | -2,25 | -0,57 | -3,28 | -3,612 | -5,305 | -6,166 |
| | 3 - 4 | Tump. Ki | -2,24 | -0,58 | 3,24 | -3,616 | 1,224 | 0,685 |
| | | Lapangan | 2,12 | 0,29 | | 3,008 | 1,908 | 2,409 |
| | | Tump. Ka | -2,23 | -0,58 | -3,22 | -3,604 | -5,227 | -6,088 |
| | 4 - 5 | Tump. Ki | -2,19 | -0,56 | 3,30 | -3,524 | 1,329 | 0,813 |
| | | Lapangan | 1,17 | 0,31 | | 1,896 | 1,053 | 1,424 |
| | | Tump. Ka | -2,10 | -0,73 | -3,48 | -3,688 | -5,370 | -6,319 |

TABEL MOMEN RENCANA BALOK PORTAL AS - C

| LANTAI | BALOK | LOKASI | MD (Tm) | ML (Tm) | ME (Tm) | 1,2MD+1,6ML (Tm) | 0,9MD+ME (Tm) | 1,05(MD+0,6ML+ME) (Tm) |
|--------|---------|----------|------------|------------|------------|---------------------|------------------|---------------------------|
| | 5 - 6 | Tump. Ka | -2,17 | -0,55 | -3,08 | -3,484 | -5,033 | -5,859 |
| | | Tump. Ki | -0,98 | -0,11 | 5,64 | -1,352 | 4,758 | 4,824 |
| | | Lapangan | 1,20 | 0,34 | | 1,984 | 1,080 | 1,474 |
| | 6 - 7 | Tump. Ka | -3,59 | -1,08 | -6,38 | -6,036 | -9,611 | -11,149 |
| | | Tump. Ki | -2,25 | -0,58 | 0,09 | -3,628 | -1,935 | -2,633 |
| | | Lapangan | 1,10 | 0,28 | | 1,768 | 0,990 | 1,331 |
| | 7 - 8 | Tump. Ka | -2,25 | -0,58 | -0,10 | -3,628 | -2,125 | -2,833 |
| | | Tump. Ki | -3,59 | -1,08 | 5,80 | -6,036 | 2,569 | 1,640 |
| | | Lapangan | 1,20 | 0,34 | | 1,984 | 1,080 | 1,474 |
| | 8 - 9 | Tump. Ka | -0,98 | -0,11 | -5,08 | -1,352 | -5,962 | -6,432 |
| | | Tump. Ki | -2,17 | -0,55 | 3,10 | -3,484 | 1,147 | 0,630 |
| | | Lapangan | 1,17 | 0,31 | | 1,900 | 1,053 | 1,424 |
| | 9 - 10 | Tump. Ka | -2,19 | -0,56 | -3,26 | -3,524 | -5,231 | -6,075 |
| | | Tump. Ki | -2,23 | -0,58 | 3,15 | -3,604 | 1,143 | 0,601 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | 10 - 11 | Tump. Ka | -2,24 | -0,58 | -3,16 | -3,616 | -5,176 | -6,035 |
| | | Tump. Ki | -2,25 | -0,57 | 3,17 | -3,612 | 1,145 | 0,607 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,30 | | 1,824 | 1,008 | 1,365 |
| | 11 - 12 | Tump. Ka | -2,22 | -0,56 | -3,18 | -3,560 | -5,178 | -6,023 |
| | | Tump. Ki | -2,20 | -0,36 | 3,10 | -3,216 | 1,120 | 0,718 |
| | | Lapangan | 1,21 | 0,32 | | 1,964 | 1,089 | 1,472 |
| 5 | 1 - 2 | Tump. Ka | -2,09 | -0,74 | -3,38 | -3,692 | -5,261 | -6,210 |
| | | Tump. Ki | -2,03 | -0,74 | 2,98 | -3,620 | 1,153 | 0,531 |
| | | Lapangan | 1,25 | 0,33 | | 2,028 | 1,125 | 1,520 |
| | 2 - 3 | Tump. Ka | -2,19 | -0,35 | -2,68 | -3,188 | -4,651 | -5,334 |
| | | Tump. Ki | -2,22 | -0,55 | 2,78 | -3,544 | 0,782 | 0,242 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,33 | | 1,872 | 1,008 | 1,384 |
| | 3 - 4 | Tump. Ka | -2,25 | -0,58 | -2,78 | -3,628 | -4,805 | -5,647 |
| | | Tump. Ki | -2,24 | -0,57 | 2,76 | -3,600 | 0,744 | 0,187 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | 4 - 5 | Tump. Ka | -2,23 | -0,58 | -2,76 | -3,604 | -4,767 | -5,605 |
| | | Tump. Ki | -2,20 | -0,56 | 2,91 | -3,536 | 0,930 | 0,393 |
| | | Lapangan | 1,19 | 0,31 | | 1,924 | 1,071 | 1,445 |
| | 5 - 6 | Tump. Ka | -2,14 | -0,54 | -2,70 | -3,432 | -4,626 | -5,422 |
| | | Tump. Ki | -0,78 | -0,05 | 5,33 | -1,016 | 4,628 | 4,746 |
| | | Lapangan | 1,22 | 0,35 | | 2,024 | 1,098 | 1,502 |
| | 6 - 7 | Tump. Ka | -3,84 | -1,16 | -6,22 | -6,464 | -9,676 | -11,294 |
| | | Tump. Ki | -2,22 | -0,57 | 0,03 | -3,576 | -1,968 | -2,659 |
| | | Lapangan | 1,13 | 0,29 | | 1,820 | 1,017 | 1,369 |
| | 7 - 8 | Tump. Ka | -2,22 | -0,57 | -0,03 | -3,576 | -2,028 | -2,722 |
| | | Tump. Ki | -3,84 | -0,58 | 5,61 | -5,536 | 2,154 | 1,493 |
| | | Lapangan | 1,22 | 0,29 | | 1,928 | 1,098 | 1,464 |
| | 8 - 9 | Tump. Ka | -0,78 | -0,57 | -4,78 | -1,848 | -5,482 | -6,197 |
| | | Tump. Ki | -2,14 | -0,58 | 2,77 | -3,496 | 0,844 | 0,296 |
| | | Lapangan | 1,19 | 0,29 | | 1,892 | 1,071 | 1,432 |
| | 9 - 10 | Tump. Ka | -2,20 | -0,58 | -2,93 | -3,568 | -4,910 | -5,752 |
| | | Tump. Ki | -2,23 | -0,57 | 2,78 | -3,588 | 0,773 | 0,218 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | 10 - 11 | Tump. Ka | -2,24 | -0,57 | -2,78 | -3,600 | -4,796 | -5,630 |
| | | Tump. Ki | -2,25 | -0,39 | 2,80 | -3,324 | 0,775 | 0,332 |
| | | Lapangan | 1,12 | 0,29 | | 1,808 | 1,008 | 1,359 |
| | 11 - 12 | Tump. Ka | -2,22 | -0,78 | -2,80 | -3,912 | -4,798 | -5,762 |
| | | Tump. Ki | -2,19 | -0,35 | 2,70 | -3,188 | 0,729 | 0,315 |
| | | Lapangan | 1,25 | 0,33 | | 2,028 | 1,125 | 1,520 |
| | | Tump. Ka | 2,03 | 0,74 | 2,00 | 3,620 | 4,817 | 5,737 |

TABEL MOMEN RENCANA BALOK PORTAL AS - C

| LANTAI | BALOK | LOKASI | MD (Tm) | ML (Tm) | ME (Tm) | 1,2MD+1,6ML (Tm) | 0,9MD+ME (Tm) | 1,05(MD+0,6ML+ME) (Tm) |
|--------|---------|----------|------------|------------|------------|---------------------|------------------|---------------------------|
| 6 | 1 - 2 | Tump. Ki | -1,01 | -0,40 | 1,68 | -1,852 | 0,771 | 0,452 |
| | | Lapangan | 0,68 | 0,19 | | 1,120 | 0,612 | 0,834 |
| | | Tump. Ka | -1,05 | -0,09 | -1,42 | -1,404 | -2,365 | -2,650 |
| | 2 - 3 | Tump. Ki | -1,09 | -0,22 | 1,55 | -1,660 | 0,569 | 0,344 |
| | | Lapangan | 0,59 | 0,16 | | 0,964 | 0,531 | 0,720 |
| | | Tump. Ka | -1,17 | -0,29 | -1,55 | -1,868 | -2,603 | -3,039 |
| | 3 - 4 | Tump. Ki | -1,14 | -0,28 | 1,57 | -1,816 | 0,544 | 0,275 |
| | | Lapangan | 0,56 | 0,14 | 0,41 | 0,896 | 0,914 | 1,107 |
| | | Tump. Ka | -1,16 | -0,29 | -1,61 | -1,856 | -2,654 | -3,091 |
| | 4 - 5 | Tump. Ki | -1,18 | -0,29 | 1,60 | -1,880 | 0,538 | 0,258 |
| | | Lapangan | 0,71 | 0,19 | 0,41 | 1,156 | 1,049 | 1,296 |
| | | Tump. Ka | -0,84 | -0,17 | -1,14 | -1,280 | -1,896 | -2,186 |
| | 5 - 6 | Tump. Ki | 0,13 | 0,17 | 4,01 | 0,428 | 4,127 | 4,454 |
| | | Lapangan | 0,74 | 0,25 | 1,02 | 1,288 | 1,686 | 2,006 |
| | | Tump. Ka | -2,64 | -0,81 | -5,47 | -4,464 | -7,846 | -9,026 |
| | 6 - 7 | Tump. Ki | -1,18 | -0,29 | -0,08 | -1,880 | -1,142 | -1,506 |
| | | Lapangan | 0,53 | 0,13 | 0,02 | 0,844 | 0,497 | 0,659 |
| | | Tump. Ka | -1,18 | -0,29 | 0,07 | -1,880 | -0,992 | -1,348 |
| | 7 - 8 | Tump. Ki | -2,64 | -0,81 | 4,93 | -4,464 | 2,554 | 1,894 |
| | | Lapangan | 0,74 | 0,25 | | 1,288 | 0,666 | 0,935 |
| | | Tump. Ka | 0,13 | 0,17 | -3,55 | 0,428 | -3,433 | -3,484 |
| | 8 - 9 | Tump. Ki | -0,84 | -0,17 | 1,28 | -1,280 | 0,524 | 0,355 |
| | | Lapangan | 0,71 | 0,19 | | 1,156 | 0,639 | 0,865 |
| | | Tump. Ka | -1,18 | -0,29 | -1,66 | -1,880 | -2,722 | -3,165 |
| | 9 - 10 | Tump. Ki | -1,16 | -0,29 | 1,66 | -1,856 | 0,616 | 0,342 |
| | | Lapangan | 0,56 | 0,14 | | 0,896 | 0,504 | 0,676 |
| | | Tump. Ka | -1,14 | -0,28 | -1,63 | -1,816 | -2,656 | -3,085 |
| | 10 - 11 | Tump. Ki | -1,17 | -0,29 | 1,62 | -1,868 | 0,567 | 0,290 |
| | | Lapangan | 0,59 | 0,16 | | 0,964 | 0,531 | 0,720 |
| | | Tump. Ka | -1,09 | -0,22 | -1,63 | -1,660 | -2,611 | -2,995 |
| | 11 - 12 | Tump. Ki | -1,05 | -0,09 | 1,53 | -1,404 | 0,585 | 0,447 |
| | | Lapangan | 0,68 | 0,19 | | 1,120 | 0,612 | 0,834 |
| | | Tump. Ka | -1,01 | -0,40 | -1,84 | -1,852 | -2,749 | -3,245 |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK PORTAL AS-1

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $r_{\text{min}} = 0,0035$
 $r_{\text{maks}} = 0,0244$

$m = 15,686$
 $\text{decking} = 40 \text{ mm}$
 $\text{Tul sengk} = D 10$
 $\text{Tul pokok} = D 16$

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nmm) | | Rn (Mpa) | r perlu | r pakat | As perlu (mm ²) | Dipasang | As ada (mm ²) | As' perlu (mm ²) | Dipasang | As' ada (mm ²) |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-----------|-------------|---------|---------|--------------------------------|----------|------------------------------|---------------------------------|----------|-------------------------------|
| 1 | 93 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 59000000 | 1,20327 | 0,00308 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 199480000 | 4,06828 | 0,01114 | 0,01115 | 1511,94 | 8 D 16 | 1607,68 | 755,97 | 4 D 16 | 803,84 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 94350000 | 1,92422 | 0,00501 | 0,00501 | 679,36 | 4 D 16 | 803,84 | 407,61 | 3 D 16 | 602,88 |
| | 105 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 119220000 | 2,43143 | 0,00640 | 0,00640 | 867,84 | 5 D 16 | 1004,80 | 433,92 | 3 D 16 | 602,88 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 190430000 | 3,88371 | 0,01059 | 0,01059 | 1436,00 | 8 D 16 | 1607,68 | 718,00 | 4 D 16 | 803,84 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 12810000 | 0,26125 | 0,00066 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 117 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 36730000 | 0,74909 | 0,00190 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 222290000 | 4,53348 | 0,01257 | 0,01257 | 1704,49 | 9 D 16 | 1808,64 | 852,25 | 5 D 16 | 1004,80 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 94350000 | 1,92422 | 0,00501 | 0,00501 | 679,36 | 4 D 16 | 803,84 | 407,61 | 3 D 16 | 602,88 |
| | 129 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 45000000 | 0,91775 | 0,00234 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | | 0,00000 | 0,00000 | | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| 2 | 245 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 39660000 | 0,80884 | 0,00206 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 188730000 | 3,84904 | 0,01048 | 0,01048 | 1421,09 | 8 D 16 | 1607,68 | 710,54 | 4 D 16 | 803,84 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 83100000 | 1,69478 | 0,00439 | 0,00439 | 595,28 | 3 D 16 | 602,88 | 357,17 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 257 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 99280000 | 2,02476 | 0,00528 | 0,00528 | 715,97 | 4 D 16 | 803,84 | 357,98 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 164560000 | 3,35611 | 0,00903 | 0,00903 | 1224,47 | 7 D 16 | 1406,72 | 612,23 | 4 D 16 | 803,84 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 7740000 | 0,15785 | 0,00040 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 269 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 25580000 | 0,52169 | 0,00132 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 205460000 | 4,19024 | 0,01152 | 0,01152 | 1562,11 | 8 D 16 | 1607,68 | 781,06 | 4 D 16 | 803,84 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 93180000 | 1,90035 | 0,00494 | 0,00494 | 669,86 | 4 D 16 | 803,84 | 401,92 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 281 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 45000000 | 0,91775 | 0,00234 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | | 0,00000 | 0,00000 | | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| 3 | 397 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 30150000 | 0,61489 | 0,00156 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 175620000 | 3,58167 | 0,00969 | 0,00969 | 1313,96 | 7 D 16 | 1406,72 | 656,98 | 4 D 16 | 803,84 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 81500000 | 1,66215 | 0,00430 | 0,00430 | 583,08 | 3 D 16 | 602,88 | 349,85 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 409 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 63810000 | 1,30137 | 0,00334 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 134270000 | 2,73836 | 0,00726 | 0,00726 | 984,46 | 5 D 16 | 1004,80 | 492,23 | 3 D 16 | 602,88 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 18600000 | 0,37934 | 0,00096 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK PORTAL AS-1

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $r_{\min} = 0,0035$
 $r_{\max} = 0,0244$

$n_t = 15,885$
 $\text{decking} = 40 \text{ mm}$
 $\text{Tul sengk.} = \text{D } 10$
 $\text{Tul pokok} = \text{D } 16$

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nmm) | Rn (Mpa) | r perlu | r pakai | As perlu (mm2) | Dipasang | As ada (mm2) | As' perlu (mm2) | Dipasang | As' ada (mm2) | |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|---------|---------|-------------------|----------|-----------------|--------------------|----------|------------------|--------|
| 4 | 421 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 15080000 | 0,30755 | 0,00077 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 190930000 | 3,89391 | 0,01062 | 0,01062 | 1440,07 | 8 D 16 | 1607,68 | 720,04 | 4 D 16 | 803,84 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 94940000 | 1,93625 | 0,00504 | 0,00504 | 683,42 | 4 D 16 | 803,84 | 410,05 | 3 D 16 | 602,88 |
| | 433 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 45000000 | 0,91775 | 0,00234 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | | 0,00000 | 0,00000 | | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | 549 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 12590000 | 0,25677 | 0,00065 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 158130000 | 3,22497 | 0,00865 | 0,00865 | 1172,94 | 6 D 16 | 1205,76 | 586,47 | 3 D 16 | 602,88 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 78120000 | 1,59321 | 0,00412 | 0,00412 | 558,67 | 3 D 16 | 602,88 | 335,20 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 561 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 31540000 | 0,64324 | 0,00163 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 105400000 | 2,14957 | 0,00562 | 0,00562 | 762,07 | 4 D 16 | 803,84 | 381,04 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 22160000 | 0,45194 | 0,00114 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 573 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 0 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 169110000 | 3,44890 | 0,00930 | 0,00930 | 1261,08 | 7 D 16 | 1406,72 | 630,54 | 4 D 16 | 803,84 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 96390000 | 1,96582 | 0,00512 | 0,00512 | 694,27 | 4 D 16 | 803,84 | 416,56 | 3 D 16 | 602,88 |
| | 585 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 45000000 | 0,91775 | 0,00234 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | | 0,00000 | 0,00000 | | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| 5 | 701 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 0 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 134380000 | 2,74061 | 0,00727 | 0,00727 | 985,81 | 5 D 16 | 1004,80 | 492,91 | 3 D 16 | 602,88 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 80090000 | 1,63339 | 0,00422 | 0,00422 | 572,23 | 3 D 16 | 602,88 | 343,34 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 713 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 0 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 73820000 | 1,50552 | 0,00388 | 0,00388 | 526,13 | 3 D 16 | 602,88 | 263,06 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 28680000 | 0,58491 | 0,00148 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 725 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 0 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 138800000 | 2,82867 | 0,00751 | 0,00751 | 1018,36 | 6 D 16 | 1205,76 | 509,18 | 3 D 16 | 602,88 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 99310000 | 2,02537 | 0,00528 | 0,00528 | 715,97 | 4 D 16 | 803,84 | 429,58 | 3 D 16 | 602,88 |
| | 737 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 45000000 | 0,91775 | 0,00234 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK PORTAL AS-1

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $r_{min} = 0,0035$
 $r_{maks} = 0,0244$

$m = 15,888$
 $decking = 40 \text{ mm}$
 $Tul \text{ sengk.} = D 10$
 $Tul \text{ pokok} = D 16$

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nmm) | | Rn (Mpa) | r perlu | r pakat | As perlu (mm2) | Dipasang | As ada (mm2) | As' perlu (mm2) | Dipasang | As' ada (mm2) |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|----------|-------------|---------|---------|-------------------|----------|-----------------|--------------------|----------|------------------|
| 6 | B53 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 0 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 51660000 | 1,05358 | 0,00269 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 32000000 | 0,65262 | 0,00185 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | B65 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 0 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 22700000 | 0,46295 | 0,00117 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 11560000 | 0,23576 | 0,00059 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | B77 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump.ki - | 44480000 | 0,90714 | 0,00231 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump.ka - | 55100000 | 1,12373 | 0,00287 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 31920000 | 0,65099 | 0,00165 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | B89 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 25280000 | 0,51557 | 0,00130 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK PORTAL AS-6

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $r_{min} = 0,0035$
 $r_{maks} = 0,0244$

$m = 15,686$
 decking = 40 mm
 Tul sengk. = D 10
 Tul pokok = D 16

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nmm) | Rn (Mpa) | r perlu | r pakat | As perlu (mm2) | Dipasang | As ada (mm2) | As' perlu (mm2) | Dipasang | As' ada (mm2) | |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|---------|---------|-------------------|----------|-----------------|--------------------|----------|------------------|--------|
| 1 | 98 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 12010000 | 0,24494 | 0,00062 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 132150000 | 2,69513 | 0,00714 | 0,00714 | 968,18 | 5 D 16 | 1004,80 | 484,09 | 3 D 16 | 602,88 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 48700000 | 0,99321 | 0,00253 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 110 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 0 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 27470000 | 0,56024 | 0,00142 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 4440000 | 0,09055 | 0,00023 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 122 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 101580000 | 2,07167 | 0,00541 | 0,00541 | 733,60 | 4 D 16 | 803,84 | 366,80 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 48700000 | 0,99321 | 0,00253 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 134 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 76280000 | 1,55569 | 0,00402 | 0,00402 | 545,11 | 3 D 16 | 602,88 | 272,56 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | | 0,00000 | 0,00000 | | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| 2 | 250 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 24240000 | 0,49438 | 0,00125 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 122200000 | 2,49220 | 0,00657 | 0,00657 | 890,89 | 5 D 16 | 1004,80 | 445,45 | 3 D 16 | 602,88 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 51280000 | 1,04583 | 0,00267 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 262 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 21270000 | 0,43379 | 0,00109 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 5600000 | 0,11421 | 0,00029 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 274 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 11530000 | 0,23515 | 0,00059 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 111720000 | 2,27847 | 0,00598 | 0,00598 | 810,89 | 5 D 16 | 1004,80 | 405,44 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 48570000 | 0,99056 | 0,00253 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 286 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 76280000 | 1,55569 | 0,00402 | 0,00402 | 545,11 | 3 D 16 | 602,88 | 272,56 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | | 0,00000 | 0,00000 | | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| 3 | 402 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 43160000 | 0,88022 | 0,00224 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 176720000 | 3,60411 | 0,00976 | 0,00976 | 1323,48 | 7 D 16 | 1406,72 | 661,73 | 4 D 16 | 803,84 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 53420000 | 1,08947 | 0,00278 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 414 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 19960000 | 0,40707 | 0,00103 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 6480000 | 0,13216 | 0,00033 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |

| | | | |
|------------|-----------|------------|----------|
| f_c' | = 30 Mpa | m | = 15,686 |
| f_y | = 400 Mpa | decking | = 40 mm |
| r_{min} | = 0,0035 | Tul sengk. | = D 10 |
| r_{maks} | = 0,0244 | Tul pokok | = D 16 |

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nmm) | | Rn (Mpa) | r perlu | r pakal | As perlu (mm2) | Dipasang | As ada (mm2) | As' perlu (mm2) | Dipasang | As' ada (mm2) | |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-----------|-------------|---------|---------|-------------------|----------|-----------------|--------------------|----------|------------------|--------|
| | 426 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 15830000 | 0,32284 | 0,00081 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 | |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 113190000 | 2,30845 | 0,00606 | 0,00606 | 821,74 | 5 D 16 | 1004,80 | 410,87 | 3 D 16 | 602,88 | |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 48170000 | 0,98240 | 0,00251 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 | |
| | 438 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 73280000 | 1,49450 | 0,00385 | 0,00385 | 522,06 | 3 D 16 | 602,88 | 261,03 | 2 D 16 | 401,92 | |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | | 0,00000 | 0,00000 | | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | |
| | 4 | 554 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 43690000 | 0,89103 | 0,00227 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 179840000 | 3,66774 | 0,00995 | 0,00995 | 1349,22 | 7 D 16 | 1406,72 | 674,61 | 4 D 16 | 803,84 |
| | | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 54180000 | 1,10497 | 0,00283 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 566 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 25160000 | 0,51312 | 0,00130 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 1160000 | 0,02366 | 0,00006 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| 578 | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 17360000 | 0,35405 | 0,00089 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 | |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 109730000 | 2,23788 | 0,00586 | 0,00586 | 794,62 | 4 D 16 | 803,84 | 397,31 | 2 D 16 | 401,92 | |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 49140000 | 1,00218 | 0,00256 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 | |
| 590 | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 76280000 | 1,55569 | 0,00402 | 0,00402 | 545,11 | 3 D 16 | 602,88 | 272,56 | 2 D 16 | 401,92 | |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | | 0,00000 | 0,00000 | | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | |
| 5 | 706 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 34420000 | 0,70198 | 0,00178 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 | |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 149470000 | 3,04836 | 0,00814 | 0,00814 | 1103,78 | 6 D 16 | 1205,76 | 551,89 | 3 D 16 | 602,88 | |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 46840000 | 0,95528 | 0,00243 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 | |
| | 718 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 12640000 | 0,25779 | 0,00085 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 | |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 12360000 | 0,25208 | 0,00063 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 | |
| | 730 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 9230000 | 0,18824 | 0,00047 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 | |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 105500000 | 2,15161 | 0,00563 | 0,00563 | 763,43 | 4 D 16 | 803,84 | 381,71 | 2 D 16 | 401,92 | |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 44790000 | 0,91347 | 0,00233 | 0,00350 | 474,60 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 | |
| | 742 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 76280000 | 1,55569 | 0,00402 | 0,00402 | 545,11 | 3 D 16 | 602,88 | 272,56 | 2 D 16 | 401,92 | |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 | |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK PORTAL AS-6

| | | | |
|------------|-----------|------------|----------|
| f_c' | = 30 Mpa | m | = 15,886 |
| f_y | = 400 Mpa | decking | = 40 mm |
| r_{min} | = 0,0035 | Tul sengk. | = D 10 |
| r_{maks} | = 0,0244 | Tul pokok | = D 16 |

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nm) | Rn (Mpa) | r perlu | r pakal | As perlu (mm ²) | Dipasang | As ada (mm ²) | As' perlu (mm ²) | Dipasang | As' ada (mm ²) |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|---------|---------|--------------------------------|----------|------------------------------|---------------------------------|----------|-------------------------------|
| 6 | 858 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | 0 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 136460000 | 2,78303 | 0,00739 | 0,00739 | 5 D 16 | 1004,80 | 501,04 | 3 D 16 | 602,88 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 57440000 | 1,17146 | 0,00300 | 0,00350 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 870 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 21520000 | 0,43889 | 0,00111 | 0,00350 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | | 0,00000 | 0,00000 | 0,00350 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 882 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 75430000 | 1,53835 | 0,00397 | 0,00397 | 3 D 16 | 602,88 | 269,17 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | 57360000 | 1,16983 | 0,00299 | 0,00350 | 3 D 16 | 602,88 | 284,76 | 2 D 16 | 401,92 |
| | 894 | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. + | | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Tump. - | 43360000 | 0,88430 | 0,00225 | 0,00350 | 3 D 16 | 602,88 | 237,30 | 2 D 16 | 401,92 |
| | | 300 | 500 | 452 | 48 | Lap. | | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0 D 16 | 0,00 | 0,00 | 0 D 16 | 0,00 |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK MEMANJANG PORTAL AS-C

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $r_{\text{min}} = 0,0035$
 $r_{\text{maks}} = 0,0244$

$m = 15,686$
 $\text{decking} = 40 \text{ mm}$
 $\text{Tul sengk.} = D 8$
 $\text{Tul pokok} = D 13$

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nmm) | Rn (Mpa) | r perlu | r pakai | As perlu (mm ²) | Dipasang | As ada (mm ²) | As' perlu (mm ²) | Dipasang | As' ada (mm ²) | |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|---------|---------|--------------------------------|----------|------------------------------|---------------------------------|----------|-------------------------------|--------|
| I | 60 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 9930000 | 0,39732 | 0,00100 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 54810000 | 2,19306 | 0,00574 | 0,00574 | 507,27 | 4 D 13 | 803,84 | 253,64 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 19240000 | 0,76983 | 0,00195 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 61 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 5540000 | 0,22167 | 0,00056 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 53890000 | 2,15625 | 0,00564 | 0,00564 | 498,44 | 4 D 13 | 803,84 | 249,22 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 62 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 5040000 | 0,20166 | 0,00051 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 53320000 | 2,13344 | 0,00558 | 0,00558 | 493,13 | 4 D 13 | 803,84 | 246,57 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 63 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 4920000 | 0,19686 | 0,00049 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 52100000 | 2,08463 | 0,00544 | 0,00544 | 480,78 | 4 D 13 | 803,84 | 240,38 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 64 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 22350000 | 0,89427 | 0,00228 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 76520000 | 3,06172 | 0,00818 | 0,00818 | 722,91 | 6 D 13 | 1205,76 | 361,45 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 65 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 0 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 36160000 | 1,44684 | 0,00373 | 0,00373 | 329,64 | 3 D 13 | 602,88 | 164,82 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 17960000 | 0,71862 | 0,00182 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 66 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 17750000 | 0,71021 | 0,00180 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 57060000 | 2,28309 | 0,00599 | 0,00599 | 529,37 | 4 D 13 | 803,84 | 264,68 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 67 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 3530000 | 0,14124 | 0,00035 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 52420000 | 2,09743 | 0,00548 | 0,00548 | 484,30 | 4 D 13 | 803,84 | 242,15 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18200000 | 0,72822 | 0,00185 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 68 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 3930000 | 0,15725 | 0,00039 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 52370000 | 2,09543 | 0,00547 | 0,00547 | 483,41 | 4 D 13 | 803,84 | 241,71 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 69 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 3930000 | 0,15725 | 0,00039 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 52370000 | 2,09543 | 0,00547 | 0,00547 | 483,41 | 4 D 13 | 803,84 | 241,71 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK MEMANJANG PORTAL AS-C

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $r_{\min} = 0,0035$
 $r_{\max} = 0,0244$

$m = 15,886$
 $\text{decking} = 40 \text{ mm}$
 $\text{Tul sengk.} = D 8$
 $\text{Tul pokok} = D 13$

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nmm) | Rn (Mpa) | r perlu | r pakai | As perlu (mm ²) | Dipasang | As ada (mm ²) | As' perlu (mm ²) | Dipasang | As' ada (mm ²) |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|---------------------|-------------|---------|---------|--------------------------------|----------|------------------------------|---------------------------------|----------|-------------------------------|
| | 70 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + 3590000 | 0,14364 | 0,00036 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - 52210000 | 2,08903 | 0,00546 | 0,00546 | 482,53 | 4 D 13 | 803,84 | 241,26 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. 19240000 | 0,76983 | 0,00195 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| 2 | 212 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + 17100000 | 0,68421 | 0,00173 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - 59680000 | 2,38792 | 0,00628 | 0,00628 | 555,00 | 5 D 13 | 1004,80 | 277,50 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. 19120000 | 0,76503 | 0,00194 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 213 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + 11820000 | 0,47294 | 0,00119 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - 60560000 | 2,42313 | 0,00638 | 0,00638 | 563,83 | 5 D 13 | 1004,80 | 281,92 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 214 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + 11230000 | 0,44834 | 0,00113 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - 59830000 | 2,39392 | 0,00630 | 0,00630 | 556,76 | 5 D 13 | 1004,80 | 278,38 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 215 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + 11890000 | 0,47574 | 0,00120 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - 59090000 | 2,36431 | 0,00621 | 0,00621 | 548,81 | 5 D 13 | 1004,80 | 274,40 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. 18480000 | 0,73942 | 0,00188 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 216 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + 37740000 | 1,51006 | 0,00389 | 0,00389 | 343,78 | 3 D 13 | 602,88 | 171,89 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - 95170000 | 3,80796 | 0,01036 | 0,01036 | 915,57 | 7 D 13 | 1406,72 | 457,78 | 4 D 13 | 803,84 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. 18760000 | 0,75063 | 0,00191 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 217 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + 0 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - 36160000 | 1,44684 | 0,00373 | 0,00373 | 329,64 | 3 D 13 | 602,88 | 164,82 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 218 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + 22270000 | 0,89107 | 0,00227 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - 65120000 | 2,60558 | 0,00889 | 0,00889 | 608,90 | 5 D 13 | 1004,80 | 304,45 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. 18760000 | 0,75063 | 0,00191 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 219 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + 10240000 | 0,40972 | 0,00103 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - 59280000 | 2,37192 | 0,00623 | 0,00623 | 550,58 | 5 D 13 | 1004,80 | 275,29 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. 18480000 | 0,73942 | 0,00188 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 220 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + 10340000 | 0,41372 | 0,00104 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - 59030000 | 2,36191 | 0,00621 | 0,00621 | 548,81 | 5 D 13 | 1004,80 | 274,40 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK MEMANJANG PORTAL AS-C

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $r_{\min} = 0,0035$
 $r_{\max} = 0,0244$

$m = 15,686$
 $\text{decking} = 40 \text{ mm}$
 $\text{Tul sengk.} = D 8$
 $\text{Tul pokok} = D 13$

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nmm) | Rn (Mpa) | r perlu | r pakai | As perlu (mm ²) | Dipasang | As ada (mm ²) | As' perlu (mm ²) | Dipasang | As' ada (mm ²) | |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|---------|---------|--------------------------------|----------|------------------------------|---------------------------------|----------|-------------------------------|--------|
| | 221 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 10250000 | 0,41012 | 0,00103 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 58930000 | 2,35791 | 0,00620 | 0,00620 | 547,93 | 5 D 13 | 1004,80 | 273,96 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 222 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 9750000 | 0,39012 | 0,00098 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 59880000 | 2,38792 | 0,00628 | 0,00628 | 555,00 | 5 D 13 | 1004,80 | 277,50 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 19120000 | 0,76503 | 0,00194 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 364 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 17800000 | 0,71222 | 0,00181 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 61470000 | 2,45954 | 0,00648 | 0,00648 | 572,67 | 5 D 13 | 1004,80 | 286,34 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 19520000 | 0,78104 | 0,00198 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 365 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 14230000 | 0,56937 | 0,00144 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 63020000 | 2,52156 | 0,00665 | 0,00665 | 587,69 | 5 D 13 | 1004,80 | 293,85 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18240000 | 0,72982 | 0,00185 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 366 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 13540000 | 0,54176 | 0,00137 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 62350000 | 2,49475 | 0,00658 | 0,00658 | 581,51 | 5 D 13 | 1004,80 | 290,75 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 367 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 14490000 | 0,57978 | 0,00147 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 60750000 | 2,43073 | 0,00640 | 0,00640 | 565,60 | 5 D 13 | 1004,80 | 282,80 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18600000 | 0,74422 | 0,00189 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 368 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 46180000 | 1,84776 | 0,00480 | 0,00480 | 424,20 | 4 D 13 | 803,84 | 212,10 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 107580000 | 4,30450 | 0,01187 | 0,01187 | 1049,01 | 8 D 13 | 1607,68 | 524,51 | 3,95 D 13 | 794,52 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 19320000 | 0,77303 | 0,00196 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 369 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 0 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 36160000 | 1,44684 | 0,00373 | 0,00373 | 329,64 | 3 D 13 | 602,88 | 164,82 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| 370 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 26190000 | 1,04792 | 0,00268 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 66910000 | 2,67721 | 0,00709 | 0,00709 | 626,58 | 5 D 13 | 1004,80 | 313,29 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 19320000 | 0,77303 | 0,00196 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| 371 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 12800000 | 0,51215 | 0,00129 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 62010000 | 2,48115 | 0,00654 | 0,00654 | 577,97 | 5 D 13 | 1004,80 | 288,99 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18600000 | 0,74422 | 0,00189 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK MEMANJANG PORTAL AS-C

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $r_{\min} = 0,0035$
 $r_{\max} = 0,0244$

$m = 15,088$
 $\text{decking} = 40 \text{ mm}$
 $\text{Tul sengk} = D 8$
 $\text{Tul pokok} = D 13$

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nmm) | Rn (Mpa) | r perlu | r pakai | As perlu (mm2) | Dipasang | As ada (mm2) | As' perlu (mm2) | Dipasang | As' ada (mm2) | | |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|----------|---------|-------------------|----------|-----------------|--------------------|----------|------------------|---------|--------|
| | 372 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 12830000 | 0,51336 | 0,00130 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 61720000 | 2,46955 | 0,00651 | 0,00651 | 575,32 | 5 D 13 | 1004,80 | 287,66 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 373 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 12840000 | 0,51376 | 0,00130 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 61660000 | 2,46715 | 0,00650 | 0,00650 | 574,44 | 5 D 13 | 1004,80 | 287,22 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18240000 | 0,72982 | 0,00185 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 374 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 12510000 | 0,50055 | 0,00126 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 63190000 | 2,52836 | 0,00667 | 0,00667 | 589,46 | 5 D 13 | 1004,80 | 294,73 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 19520000 | 0,78104 | 0,00198 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 4 | 516 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 16890000 | 0,67580 | 0,00171 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 59700000 | 2,38872 | 0,00628 | 0,00628 | 555,00 | 5 D 13 | 1004,80 | 277,50 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 19640000 | 0,78584 | 0,00200 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 517 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 13020000 | 0,52096 | 0,00132 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 61660000 | 2,46715 | 0,00650 | 0,00650 | 574,44 | 5 D 13 | 1004,80 | 287,22 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18240000 | 0,72982 | 0,00185 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 518 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 12240000 | 0,48875 | 0,00124 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 60880000 | 2,43594 | 0,00641 | 0,00641 | 566,48 | 5 D 13 | 1004,80 | 283,24 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 30080000 | 1,20356 | 0,00308 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 519 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 13290000 | 0,53176 | 0,00134 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 58590000 | 2,34431 | 0,00616 | 0,00616 | 544,39 | 5 D 13 | 1004,80 | 272,20 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 19000000 | 0,76023 | 0,00193 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 520 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 48240000 | 1,93018 | 0,00502 | 0,00502 | 443,64 | 4 D 13 | 803,84 | 221,82 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 111480000 | 4,46095 | 0,01235 | 0,01235 | 1091,43 | 9 D 13 | 1808,64 | 545,72 | 5 D 13 | 1004,80 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 19840000 | 0,79384 | 0,00202 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| 521 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 0 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | | |
| | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 36280000 | 1,45184 | 0,00374 | 0,00374 | 330,52 | 3 D 13 | 602,88 | 165,26 | 2 D 13 | 401,92 | | |
| | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 17680000 | 0,70741 | 0,00179 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | | |
| 522 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 25890000 | 1,02791 | 0,00282 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | | |
| | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 64320000 | 2,57358 | 0,00680 | 0,00680 | 600,95 | 5 D 13 | 1004,80 | 300,48 | 3 D 13 | 602,88 | | |
| | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 19840000 | 0,79384 | 0,00202 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | | |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK MEMANJANG PORTAL AS-C

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $r_{\min} = 0,0035$
 $r_{\max} = 0,0244$

$m = 15,886$
 $\text{decking} = 40 \text{ mm}$
 $\text{Tul sengk.} = D 8$
 $\text{Tul pokok} = D 13$

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' | Mu (Nmm) | | Rn (Mpa) | r perlu | r pakat | As perlu (mm ²) | Dipasang | As ada (mm ²) | As' perlu (mm ²) | Dipasang | As' ada (mm ²) | |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|-------------|-----------|-------------|---------|---------|--------------------------------|----------|------------------------------|---------------------------------|----------|-------------------------------|--------|
| | 523 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 11470000 | 0,45894 | 0,00116 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 60750000 | 2,43073 | 0,00640 | 0,00640 | 565,60 | 5 D 13 | 1004,80 | 282,80 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 19000000 | 0,76023 | 0,00193 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 524 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 11430000 | 0,45734 | 0,00115 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 60350000 | 2,41473 | 0,00635 | 0,00635 | 561,18 | 5 D 13 | 1004,80 | 280,59 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 525 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 11450000 | 0,45814 | 0,00116 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 60230000 | 2,40993 | 0,00634 | 0,00634 | 560,30 | 5 D 13 | 1004,80 | 280,15 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18240000 | 0,72982 | 0,00185 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 526 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 11200000 | 0,44814 | 0,00113 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 62100000 | 2,48475 | 0,00655 | 0,00655 | 578,86 | 5 D 13 | 1004,80 | 289,43 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 19640000 | 0,78584 | 0,00200 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 5 | 668 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 11530000 | 0,46134 | 0,00116 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 53340000 | 2,13424 | 0,00558 | 0,00558 | 493,13 | 4 D 13 | 803,84 | 246,57 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 20280000 | 0,81145 | 0,00206 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 669 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 7820000 | 0,31289 | 0,00079 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 56470000 | 2,25948 | 0,00592 | 0,00592 | 523,18 | 4 D 13 | 803,84 | 261,59 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18720000 | 0,74903 | 0,00190 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| 670 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 7440000 | 0,29789 | 0,00075 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 56050000 | 2,24268 | 0,00588 | 0,00588 | 519,65 | 4 D 13 | 803,84 | 259,82 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| 671 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 9300000 | 0,37211 | 0,00094 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 54220000 | 2,16946 | 0,00568 | 0,00568 | 501,97 | 4 D 13 | 803,84 | 250,99 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 19240000 | 0,76983 | 0,00195 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| 672 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 47460000 | 1,89897 | 0,00494 | 0,00494 | 438,57 | 4 D 13 | 803,84 | 218,29 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 112940000 | 4,51896 | 0,01253 | 0,01253 | 1107,34 | 9 D 13 | 1808,64 | 553,67 | 5 D 13 | 1004,80 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 20240000 | 0,80084 | 0,00206 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| 673 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 0 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 35780000 | 1,43083 | 0,00368 | 0,00368 | 325,22 | 3 D 13 | 602,88 | 162,61 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 18200000 | 0,72822 | 0,00185 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |

| | | | |
|--------|-----------|------------|----------|
| f_c' | = 30 Mpa | m | = 15,686 |
| f_y | = 400 Mpa | decking | = 40 mm |
| r min | = 0,0035 | Tul sengk. | = D 8 |
| r maks | = 0,0244 | Tul pokok | = D 13 |

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $r_{min} = 0,0035$
 $r_{maks} = 0,0244$

| | |
|------------|----------|
| m | = 15,686 |
| decking | = 40 mm |
| Tul sengk. | = D 8 |
| Tul pokok | = D 13 |

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nmm) | | Rn (Mpa) | r perlu | r pakal | As perlu (mm ²) | Dipasang | As ada (mm ²) | As' perlu (mm ²) | Dipasang | As' ada (mm ²) | |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|----------|-------------|---------|---------|--------------------------------|----------|------------------------------|---------------------------------|----------|-------------------------------|--------|
| | 674 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 21540000 | 0,86186 | 0,00219 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 61970000 | 2,47955 | 0,00653 | 0,00653 | 577,09 | 5 D 13 | 1004,80 | 288,54 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap | 19280000 | 0,77143 | 0,00196 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 675 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 8440000 | 0,33770 | 0,00085 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 57520000 | 2,30150 | 0,00604 | 0,00604 | 533,79 | 5 D 13 | 1004,80 | 266,89 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap | 18920000 | 0,75703 | 0,00192 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 676 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 7730000 | 0,30929 | 0,00078 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 56300000 | 2,25268 | 0,00591 | 0,00591 | 522,30 | 4 D 13 | 803,84 | 261,15 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap | 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 677 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 7750000 | 0,31009 | 0,00078 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 57620000 | 2,30550 | 0,00605 | 0,00605 | 534,67 | 5 D 13 | 1004,80 | 267,33 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap | 18080000 | 0,72342 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 678 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 7290000 | 0,29169 | 0,00073 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 57370000 | 2,29549 | 0,00602 | 0,00602 | 532,02 | 5 D 13 | 1004,80 | 266,01 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap | 20280000 | 0,81145 | 0,00206 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 6 | 820 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 7710000 | 0,30849 | 0,00078 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 26500000 | 1,06032 | 0,00271 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap | 11200000 | 0,44814 | 0,00113 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| 821 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 5890000 | 0,22767 | 0,00057 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 30390000 | 1,21597 | 0,00312 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap | 9640000 | 0,38572 | 0,00097 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| 822 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 5440000 | 0,21767 | 0,00055 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 30910000 | 1,23677 | 0,00317 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap | 9000000 | 0,36011 | 0,00091 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| 823 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 5380000 | 0,21527 | 0,00054 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 21860000 | 0,87466 | 0,00223 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap | 11600000 | 0,46414 | 0,00117 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| 824 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 44540000 | 1,78214 | 0,00462 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 90260000 | 3,61149 | 0,00978 | 0,00978 | 864,31 | 7 D 13 | 1406,72 | 432,15 | 4 D 13 | 803,84 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap | 12880000 | 0,51536 | 0,00130 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK MEMANJANG PORTAL AS-C

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $r_{min} = 0,0035$
 $r_{maks} = 0,0244$

$m = 15,686$
 $decking = 40 \text{ mm}$
 $Tul \text{ sengk} = D 8$
 $Tul \text{ pokok} = D 13$

| LANTAI | BALOK | b | h | d | d' | Mu | | Rn | r perlu | r pakal | As perlu | Dipasang | As ada | As' perlu | Dipasang | As' ada |
|--------|-------|------|------|-------|------|---------|----------|---------|---------|---------|--------------------|----------|--------------------|--------------------|----------|--------------------|
| | | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | (Nmm) | | (Mpa) | | | (mm ²) | | (mm ²) | (mm ²) | | (mm ²) |
| | 825 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 0 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 18800000 | 0,75223 | 0,00191 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 8440000 | 0,33770 | 0,00085 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 826 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 25540000 | 1,02191 | 0,00261 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 34840000 | 1,39402 | 0,00359 | 0,00359 | 317,27 | 3 D 13 | 602,88 | 158,63 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 12880000 | 0,51536 | 0,00130 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 827 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 5240000 | 0,20966 | 0,00053 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 31650000 | 1,26638 | 0,00325 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 11560000 | 0,46254 | 0,00117 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 828 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 6160000 | 0,24647 | 0,00062 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 30850000 | 1,23437 | 0,00316 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 8960000 | 0,35851 | 0,00090 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 829 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 5670000 | 0,22687 | 0,00057 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 29950000 | 1,19836 | 0,00307 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 9640000 | 0,38572 | 0,00097 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 830 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 5850000 | 0,23407 | 0,00059 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 32450000 | 1,29839 | 0,00333 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 11200000 | 0,44814 | 0,00113 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK MEMANJANG PORTAL AS-B

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $r_{\min} = 0,0035$
 $r_{\max} = 0,0244$

$m = 15,686$
 $\text{decking} = 40 \text{ mm}$
 $\text{Tul sengk.} = \text{D 8}$
 $\text{Tul pokok} = \text{D 13}$

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nmm) | | Rn (Mpa) | r perlu | r pakai | As perlu (mm ²) | Dipasang | As ada (mm ²) | As' perlu (mm ²) | Dipasang | As' ada (mm ²) |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|----------|-------------|---------|---------|--------------------------------|----------|------------------------------|---------------------------------|----------|-------------------------------|
| 1 | 49 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 33530000 | 1,34161 | 0,00345 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 73370000 | 2,93569 | 0,00782 | 0,00782 | 691,09 | 6 D 13 | 1205,76 | 345,55 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 16960000 | 0,67860 | 0,00172 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 50 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 28020000 | 1,12114 | 0,00287 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 72620000 | 2,90568 | 0,00773 | 0,00773 | 683,14 | 6 D 13 | 1205,76 | 341,57 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 51 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 27720000 | 1,10913 | 0,00284 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 72200000 | 2,88887 | 0,00769 | 0,00769 | 679,60 | 6 D 13 | 1205,76 | 339,80 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 52 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 27320000 | 1,09313 | 0,00279 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 71880000 | 2,87607 | 0,00765 | 0,00765 | 676,07 | 6 D 13 | 1205,76 | 338,03 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 53 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 27500000 | 1,10033 | 0,00281 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 72260000 | 2,89127 | 0,00769 | 0,00769 | 679,60 | 6 D 13 | 1205,76 | 339,80 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 54 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 26230000 | 1,04952 | 0,00268 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 70830000 | 2,83406 | 0,00753 | 0,00753 | 665,46 | 6 D 13 | 1205,76 | 332,73 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 55 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 26330000 | 1,05352 | 0,00269 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 70940000 | 2,83846 | 0,00754 | 0,00754 | 666,35 | 6 D 13 | 1205,76 | 333,17 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 56 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 26230000 | 1,04952 | 0,00268 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 70830000 | 2,83406 | 0,00753 | 0,00753 | 665,46 | 6 D 13 | 1205,76 | 332,73 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 57 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 26220000 | 1,04912 | 0,00268 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 70620000 | 2,82565 | 0,00751 | 0,00751 | 663,70 | 5 D 13 | 1005,36 | 331,85 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 58 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 27390000 | 1,09593 | 0,00280 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 74030000 | 2,96209 | 0,00789 | 0,00789 | 697,28 | 6 D 13 | 1205,76 | 348,84 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 16960000 | 0,67860 | 0,00172 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK MEMANJANG PORTAL AS-B

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $r_{min} = 0,0035$
 $r_{maks} = 0,0244$

| | |
|------------|----------|
| m | = 15,086 |
| decking | = 40 mm |
| Tul sengk. | = D 8 |
| Tul pokok | = D 13 |

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nmm) | Rn (Mpa) | r perlu | r pakai | As perlu (mm2) | Dipasang | As ada (mm2) | As' perlu (mm2) | Dipasang | As' ada (mm2) | | |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|----------|---------|-------------------|----------|-----------------|--------------------|----------|------------------|--------|--------|
| | 210 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 26330000 | 1,05352 | 0,00269 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 70670000 | 2,82765 | 0,00751 | 0,00751 | 663,70 | 5 D 13 | 1005,36 | 331,85 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15920000 | 0,63699 | 0,00161 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 211 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 27490000 | 1,09993 | 0,00281 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 71950000 | 2,87887 | 0,00766 | 0,00766 | 676,95 | 6 D 13 | 1205,76 | 338,48 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 16840000 | 0,67380 | 0,00171 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 3 | 353 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 25590000 | 1,02391 | 0,00261 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 62250000 | 2,49075 | 0,00656 | 0,00656 | 579,74 | 5 D 13 | 1004,80 | 289,87 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 17240000 | 0,68981 | 0,00175 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| 354 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 24410000 | 0,97869 | 0,00249 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 68460000 | 2,73923 | 0,00726 | 0,00726 | 641,60 | 5 D 13 | 1004,80 | 320,80 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 16080000 | 0,64339 | 0,00163 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| 355 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 23820000 | 0,95309 | 0,00243 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 68100000 | 2,72482 | 0,00722 | 0,00722 | 638,07 | 5 D 13 | 1004,80 | 319,03 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| 356 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 23620000 | 0,94509 | 0,00241 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 67790000 | 2,71242 | 0,00719 | 0,00719 | 635,42 | 5 D 13 | 1004,80 | 317,71 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15920000 | 0,63699 | 0,00161 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| 357 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 24570000 | 0,98310 | 0,00251 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 69490000 | 2,78044 | 0,00738 | 0,00738 | 652,21 | 5 D 13 | 1004,80 | 326,10 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| 358 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 22030000 | 0,88147 | 0,00224 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 66530000 | 2,66200 | 0,00704 | 0,00704 | 622,18 | 5 D 13 | 1004,80 | 311,08 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| 359 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 23080000 | 0,92348 | 0,00235 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | | |
| | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 67030000 | 2,68201 | 0,00710 | 0,00710 | 627,46 | 5 D 13 | 1004,80 | 313,73 | 3 D 13 | 602,88 | | |
| | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | | |
| 360 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 23020000 | 0,92108 | 0,00235 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | | |
| | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 67370000 | 2,69561 | 0,00714 | 0,00714 | 631,00 | 5 D 13 | 1004,80 | 315,50 | 3 D 13 | 602,88 | | |
| | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15920000 | 0,63699 | 0,00161 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | | |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK MEMANJANG PORTAL AS-B

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $r_{\text{min}} = 0,0035$
 $r_{\text{maks}} = 0,0244$

$m = 15,686$
 $\text{decking} = 40 \text{ mm}$
 $\text{Tul sengk.} = \text{D 8}$
 $\text{Tul pokok} = \text{D 13}$

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nmm) | | Rn (Mpa) | r perlu | r pakai | As perlu (mm ²) | Dipasang | As ada (mm ²) | As' perlu (mm ²) | Dipasang | As' ada (mm ²) | |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|----------|-------------|---------|---------|--------------------------------|----------|------------------------------|---------------------------------|----------|-------------------------------|--------|
| | 361 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 22820000 | 0,91308 | 0,00233 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 67160000 | 2,68721 | 0,00712 | 0,00712 | 629,23 | 5 D 13 | 1004,80 | 314,62 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 362 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 22820000 | 0,91308 | 0,00233 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 66890000 | 2,67641 | 0,00708 | 0,00708 | 625,70 | 5 D 13 | 1004,80 | 312,85 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 16080000 | 0,64339 | 0,00163 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 363 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 24210000 | 0,96869 | 0,00247 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 71360000 | 2,85526 | 0,00759 | 0,00759 | 670,77 | 6 D 13 | 1205,76 | 335,38 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 17240000 | 0,68881 | 0,00175 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 4 | 505 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 20000000 | 0,80024 | 0,00203 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 57540000 | 2,30230 | 0,00604 | 0,00604 | 533,79 | 5 D 13 | 1004,80 | 266,89 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 17360000 | 0,69461 | 0,00176 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 506 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 18000000 | 0,72022 | 0,00183 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 61800000 | 2,47275 | 0,00651 | 0,00651 | 575,32 | 5 D 13 | 1004,80 | 287,66 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 16080000 | 0,64339 | 0,00163 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 507 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 17320000 | 0,69301 | 0,00176 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 61380000 | 2,45594 | 0,00647 | 0,00647 | 571,79 | 5 D 13 | 1004,80 | 285,89 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 508 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 17120000 | 0,68501 | 0,00174 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 60860000 | 2,43514 | 0,00641 | 0,00641 | 566,48 | 5 D 13 | 1004,80 | 283,24 | 3 D 13 | 602,88 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15920000 | 0,63699 | 0,00161 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| 509 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 18260000 | 0,73082 | 0,00185 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 62980000 | 2,51996 | 0,00685 | 0,00685 | 587,69 | 5 D 13 | 1004,80 | 293,85 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| 510 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 15430000 | 0,61739 | 0,00156 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 59600000 | 2,38472 | 0,00627 | 0,00627 | 554,11 | 5 D 13 | 1004,80 | 277,06 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| 511 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 16690000 | 0,66780 | 0,00189 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 60140000 | 2,40633 | 0,00633 | 0,00633 | 559,41 | 5 D 13 | 1004,80 | 279,71 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK MEMANJANG PORTAL AS-B

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $r_{\min} = 0,0035$
 $r_{\max} = 0,0244$

$m = 15,686$
 decking = 40 mm
 Tul sengk. = D 8
 Tul pokok = D 13

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nmm) | Rn (Mpa) | r perlu | r pakai | As perlu (mm ²) | Dipasang | As ada (mm ²) | As' perlu (mm ²) | Dipasang | As' ada (mm ²) | | |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|----------|---------|--------------------------------|----------|------------------------------|---------------------------------|----------|-------------------------------|--------|--------|
| | 512 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 16420000 | 0,65700 | 0,00166 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 60540000 | 2,42233 | 0,00637 | 0,00637 | 562,95 | 5 D 13 | 1004,80 | 281,47 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15920000 | 0,63699 | 0,00161 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 513 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 16330000 | 0,65340 | 0,00165 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 60330000 | 2,41393 | 0,00635 | 0,00635 | 561,18 | 5 D 13 | 1004,80 | 280,59 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 514 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 16330000 | 0,65340 | 0,00165 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 60100000 | 2,40473 | 0,00633 | 0,00633 | 558,41 | 5 D 13 | 1004,80 | 279,71 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 16080000 | 0,64339 | 0,00163 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 515 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 17870000 | 0,71502 | 0,00181 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 64660000 | 2,58718 | 0,00683 | 0,00683 | 603,60 | 5 D 13 | 1004,80 | 301,80 | 3 D 13 | 602,88 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 17360000 | 0,69461 | 0,00176 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | 5 | 657 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 0 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 43510000 | 1,74093 | 0,00451 | 0,00451 | 398,57 | 4 D 13 | 803,84 | 199,29 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 17880000 | 0,71542 | 0,00181 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 658 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 5790000 | 0,23167 | 0,00058 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 49200000 | 1,96859 | 0,00513 | 0,00513 | 453,36 | 4 D 13 | 803,84 | 226,68 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 16080000 | 0,64339 | 0,00163 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 659 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 5410000 | 0,21647 | 0,00054 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 48890000 | 1,95619 | 0,00509 | 0,00509 | 449,83 | 4 D 13 | 803,84 | 224,91 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 660 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 5420000 | 0,21687 | 0,00054 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 48680000 | 1,94779 | 0,00507 | 0,00507 | 448,06 | 4 D 13 | 803,84 | 224,03 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15920000 | 0,63699 | 0,00161 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| 661 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 7050000 | 0,28209 | 0,00071 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 51490000 | 2,06022 | 0,00538 | 0,00538 | 475,46 | 4 D 13 | 803,84 | 237,73 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |
| 662 | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 4230000 | 0,16925 | 0,00042 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 47940000 | 1,91818 | 0,00499 | 0,00499 | 440,99 | 4 D 13 | 803,84 | 220,50 | 2 D 13 | 401,92 | |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 | |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK MEMANJANG PORTAL AS-B

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$
 $r_{\min} = 0,0035$
 $r_{\max} = 0,0244$

$m = 15,686$
 $\text{decking} = 40 \text{ mm}$
 $\text{Tul sengk} = D 8$
 $\text{Tul pokok} = D 13$

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nmm) | | Rn (Mpa) | r perlu | r pakai | As perlu (mm ²) | Dipasang | As ada (mm ²) | As' perlu (mm ²) | Dipasang | As' ada (mm ²) |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|----------|-------------|---------|---------|--------------------------------|----------|------------------------------|---------------------------------|----------|-------------------------------|
| | 663 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 5600000 | 0,22407 | 0,00056 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 48490000 | 1,94019 | 0,00505 | 0,00505 | 448,29 | 4 D 13 | 803,84 | 223,15 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 664 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 5520000 | 0,22087 | 0,00055 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 48990000 | 1,96019 | 0,00510 | 0,00510 | 450,71 | 4 D 13 | 803,84 | 225,36 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15920000 | 0,63699 | 0,00161 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 665 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 5430000 | 0,21727 | 0,00055 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 48830000 | 1,95379 | 0,00509 | 0,00509 | 448,83 | 4 D 13 | 803,84 | 224,91 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 15800000 | 0,63219 | 0,00160 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 666 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 5340000 | 0,21366 | 0,00054 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 48660000 | 1,94699 | 0,00507 | 0,00507 | 448,08 | 4 D 13 | 803,84 | 224,03 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 16080000 | 0,64339 | 0,00163 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 667 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 6660000 | 0,26848 | 0,00087 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 51790000 | 2,07223 | 0,00541 | 0,00541 | 478,11 | 4 D 13 | 803,84 | 239,05 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 17880000 | 0,71542 | 0,00181 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| 6 | 809 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 530000 | 0,02121 | 0,00005 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 16000000 | 0,64019 | 0,00162 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 9520000 | 0,38092 | 0,00096 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 810 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 2560000 | 0,10243 | 0,00026 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 22510000 | 0,90067 | 0,00229 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 7520000 | 0,30089 | 0,00076 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 811 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 1250000 | 0,05002 | 0,00013 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 22130000 | 0,88547 | 0,00225 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 7520000 | 0,30089 | 0,00076 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 812 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 1450000 | 0,05802 | 0,00015 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 21440000 | 0,85786 | 0,00218 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 7640000 | 0,30549 | 0,00077 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 813 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 2900000 | 0,11604 | 0,00029 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 24680000 | 0,98750 | 0,00252 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 7520000 | 0,30089 | 0,00076 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK MEMANJANG PORTAL AS-B

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$ $m = 15,686$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$ $\text{decking} = 40 \text{ mm}$
 $r_{\text{min}} = 0,0035$ $\text{Tul sengk} = \text{D } 8$
 $r_{\text{maks}} = 0,0244$ $\text{Tul pokok} = \text{D } 13$

| LANTAI | BALOK | b (mm) | h (mm) | d (mm) | d' (mm) | Mu (Nmm) | Rn (Mpa) | r perlu | r pakai | As perlu (mm2) | Dipasang | As ada (mm2) | As' perlu (mm2) | Dipasang | As' ada (mm2) | |
|--------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|---------|---------|-------------------|----------|-----------------|--------------------|----------|------------------|--------|
| | 814 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 770000 | 0,03081 | 0,00008 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 21710000 | 0,86866 | 0,00221 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 7400000 | 0,29609 | 0,00074 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 815 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 2320000 | 0,09283 | 0,00023 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 22050000 | 0,88227 | 0,00225 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 7520000 | 0,30089 | 0,00076 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 816 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 1840000 | 0,07362 | 0,00018 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 22390000 | 0,89587 | 0,00228 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 7800000 | 0,31209 | 0,00079 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 817 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 1870000 | 0,07482 | 0,00019 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 22390000 | 0,89587 | 0,00228 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 7520000 | 0,30089 | 0,00076 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 818 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 1700000 | 0,06802 | 0,00017 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 21650000 | 0,86626 | 0,00220 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 8200000 | 0,32810 | 0,00083 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |
| | 819 | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. + | 3090000 | 0,12364 | 0,00031 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Tump. - | 24990000 | 0,99990 | 0,00255 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 154,66 | 2 D 13 | 401,92 |
| | | 250 | 400 | 353,5 | 46,5 | Lap. | 9520000 | 0,38092 | 0,00096 | 0,00350 | 309,31 | 3 D 13 | 602,88 | 185,59 | 2 D 13 | 401,92 |

PERHITUNGAN MOMEN KAPASITAS BALOK INDUK PORTAL AS-1

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$ $M_{nak,b} = C_s \cdot (d - d') + C_c \cdot (d - a/2)$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$ $M_{kap,b} = 1,25 \cdot M_{nak,b}$

| BALOK LANTAI | LOKASI | TULANGAN TERPASANG | | | | bw (mm) | d (mm) | d' (mm) | Ts (N) | A | B | C | X (mm) | a (mm) | fs' (Mpa) | Cc (N) | Cs (N) | M _{nak,b} (Nmm) | M _{kap,b} (Nmm) |
|--------------|-----------|--------------------|-----------------------|-------|------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------|----------|----------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | ATAS | As (mm ²) | BAWAH | As' (mm ²) | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Tump. (-) | 8 D16 | 1607,68 | 4 D16 | 803,84 | 300 | 436 | 48 | 643072 | 6503 | -181266 | -2,3E+07 | 75,21 | 63,93 | 217,08 | 489069 | 154003 | 257354018 | 321692522 |
| | Tump. (+) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -1,2E+07 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Lap. | 4 D16 | 803,84 | 3 D16 | 602,88 | 300 | 436 | 48 | 321536 | 6503 | 24818,56 | -1,7E+07 | 49,8 | 42,33 | 21,696 | 323830 | -2293,52 | 133445827 | 166807284 |
| | Tump. (-) | 8 D16 | 1607,68 | 4 D16 | 803,84 | 300 | 436 | 48 | 643072 | 6503 | -181266 | -2,3E+07 | 75,21 | 63,93 | 217,08 | 489069 | 154003 | 257354018 | 321692522 |
| | Tump. (+) | 5 D16 | 1004,8 | 3 D16 | 602,88 | 300 | 436 | 48 | 401920 | 6503 | -55565,4 | -1,7E+07 | 56,12 | 47,7 | 86,84 | 364939 | 36900,9 | 164757426 | 205946782 |
| | Lap. | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -1,2E+07 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (-) | 9 D16 | 1808,64 | 5 D16 | 1004,8 | 300 | 436 | 48 | 723456 | 6503 | -146198 | -2,9E+07 | 78,89 | 67,06 | 234,95 | 513002 | 210454 | 288124303 | 360155379 |
| | Tump. (+) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -1,2E+07 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Lap. | 4 D16 | 803,84 | 3 D16 | 602,88 | 300 | 436 | 48 | 321536 | 6503 | 24818,56 | -1,7E+07 | 49,8 | 42,33 | 21,696 | 323830 | -2293,52 | 133445827 | 166807284 |
| | Tump. (-) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -1,2E+07 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (+) | 0 D16 | 0 | D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Lap. | 0 D16 | 0 | D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Tump. (-) | 8 D16 | 1607,68 | 4 D16 | 803,84 | 300 | 436 | 48 | 643072 | 6503 | -181266 | -2,3E+07 | 75,21 | 63,93 | 217,08 | 489069 | 154003 | 257354018 | 321692522 |
| | Tump. (+) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -1,2E+07 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Lap. | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -1,2E+07 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (-) | 7 D16 | 1406,72 | 4 D16 | 803,84 | 300 | 436 | 48 | 562688 | 6503 | -100882 | -2,3E+07 | 67,93 | 57,74 | 176,02 | 441697 | 120991 | 226773015 | 283466269 |
| | Tump. (+) | 4 D16 | 803,84 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 321536 | 6503 | -90633 | -1,2E+07 | 49,73 | 42,27 | 20,9 | 323385 | -1848,72 | 133443292 | 166804115 |
| | Lap. | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -1,2E+07 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (-) | 8 D16 | 1607,68 | 4 D16 | 803,84 | 300 | 436 | 48 | 643072 | 6503 | -181266 | -2,3E+07 | 75,21 | 63,93 | 217,08 | 489069 | 154003 | 257354018 | 321692522 |
| | Tump. (+) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -1,2E+07 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Lap. | 4 D16 | 803,84 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 321536 | 6503 | -90633 | -1,2E+07 | 49,73 | 42,27 | 20,9 | 323385 | -1848,72 | 133443292 | 166804115 |
| | Tump. (-) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -1,2E+07 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (+) | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Lap. | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Tump. (-) | 7 D16 | 1406,72 | 4 D16 | 803,84 | 300 | 436 | 48 | 562688 | 6503 | -100882 | -2,3E+07 | 67,93 | 57,74 | 176,02 | 441697 | 120991 | 226773015 | 283466269 |
| | Tump. (+) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -1,2E+07 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Lap. | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -1,2E+07 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (-) | 5 D16 | 1004,8 | 3 D16 | 602,88 | 300 | 436 | 48 | 401920 | 6503 | -55565,4 | -1,7E+07 | 56,12 | 47,7 | 86,84 | 364939 | 36900,9 | 164757426 | 205946782 |
| | Tump. (+) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -1,2E+07 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Lap. | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -1,2E+07 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (-) | 8 D16 | 1607,68 | 4 D16 | 803,84 | 300 | 436 | 48 | 643072 | 6503 | -181266 | -2,3E+07 | 75,21 | 63,93 | 217,08 | 489069 | 154003 | 257354018 | 321692522 |

PERHITUNGAN MOMEN KAPASITAS BALOK INDUK PORTAL AS-1

$$f_c' = 30 \text{ Mpa} \quad M_{nak,b} = C_s * (d - d') + C_c * (d - a/2)$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa} \quad M_{kap,b} = 1,25 * M_{nak,b}$$

| BALOK LANTAI | LOKASI | TULANGAN TERPASANG | | | | bw (mm) | d (mm) | d' (mm) | Ts (N) | A | B | C | X (mm) | a (mm) | fs' (Mpa) | Cc (N) | Cs (N) | Mnak,b (Nm) | Mkap,b (Nm) |
|--------------|-----------|--------------------|-----------------------|-------|------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| | | ATAS | As (mm ²) | BAWAH | As' (mm ²) | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Tump. (+) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Lap. | 4 D16 | 803,84 | 3 D16 | 602,88 | 300 | 436 | 48 | 321536 | 6503 | 24818,56 | -17362944 | 49,8 | 42,33 | 21,696 | 323830 | -2293,52 | 133445827 | 166807284 |
| | Tump. (-) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (+) | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Lap. | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Tump. (-) | 6 D16 | 1205,76 | 3 D16 | 602,88 | 300 | 436 | 48 | 482304 | 6503 | -135949 | -17362944 | 63,17 | 53,7 | 144,12 | 410791 | 71512,8 | 195822557 | 244778196 |
| | Tump. (+) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Lap. | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (-) | 4 D16 | 803,84 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 321536 | 6503 | -90633 | -11575296 | 49,73 | 42,27 | 20,9 | 323385 | -1848,72 | 133443292 | 166804115 |
| | Tump. (+) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Lap. | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (-) | 7 D16 | 1406,72 | 4 D16 | 803,84 | 300 | 436 | 48 | 562688 | 6503 | -100882 | -23150592 | 67,93 | 57,74 | 176,02 | 441697 | 120991 | 226773015 | 283466269 |
| 5 | Tump. (+) | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Lap. | 4 D16 | 803,84 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 321536 | 6503 | -90633 | -11575296 | 49,73 | 42,27 | 20,9 | 323385 | -1848,72 | 133443292 | 166804115 |
| | Tump. (-) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (+) | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Lap. | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Tump. (-) | 5 D16 | 1004,8 | 3 D16 | 602,88 | 300 | 436 | 48 | 401920 | 6503 | -55565,4 | -17362944 | 56,12 | 47,7 | 86,84 | 364939 | 36980,9 | 184757426 | 205946782 |
| | Tump. (+) | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Lap. | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (-) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (+) | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Lap. | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (-) | 6 D16 | 1205,76 | 3 D16 | 602,88 | 300 | 436 | 48 | 482304 | 6503 | -135949 | -17362944 | 63,17 | 53,7 | 144,12 | 410791 | 71512,8 | 195822557 | 244778196 |
| 6 | Tump. (+) | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Lap. | 4 D16 | 803,84 | 3 D16 | 602,88 | 300 | 436 | 48 | 321536 | 6503 | 24818,56 | -17362944 | 49,8 | 42,33 | 21,696 | 323830 | -2293,52 | 133445827 | 166807284 |
| | Tump. (-) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (+) | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Lap. | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Tump. (-) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (+) | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Lap. | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Tump. (-) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |
| | Tump. (+) | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Lap. | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Tump. (-) | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 |

$$\begin{aligned} f_{c'} &= 30 \text{ Mpa} & M_{n_{ak,b}} &= C_s \cdot (d - d') + C_c \cdot (d - a/2) \\ f_y &= 400 \text{ Mpa} & M_{k_{ap,b}} &= 1,25 \cdot M_{n_{ak,b}} \end{aligned}$$
[illegible]

$$\begin{aligned} f_{c'} &= 30 \text{ Mpa} & M_{n_{ak,b}} &= C_s \cdot (d - d') + C_c \cdot (d - a/2) \\ f_y &= 400 \text{ Mpa} & M_{k_{ap,b}} &= 1,25 \cdot M_{n_{ak,b}} \end{aligned}$$

| BALOK LANTAI | LOKASI | TULANGAN TERPASANG | | | | bw (mm) | d (mm) | d' (mm) | Ts (N) | A | B | C | X (mm) | a (mm) | fs' (Mpa) | Cc (N) | Cs (N) | Mnak,b (Nmm) | Mkap,b (Nmm) | |
|--------------|----------|--------------------|----------|-------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|---|
| | | ATAS | As (mm2) | BAWAH | As' (mm2) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 s/d 6 | Tump. (- | 7 D16 | 1406,72 | 4 D16 | 803,84 | 300 | 436 | 48 | 562688 | 6503 | -100882 | -23150592 | 67,93 | 57,74 | 176,02 | 441697 | 120991 | 226773015 | 283466269 | |
| | Tump. (+ | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 | |
| | Lap. | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 | |
| | Tump. (- | 6 D16 | 1206,76 | 3 D16 | 602,88 | 300 | 436 | 48 | 482304 | 6503 | -135949 | -17362944 | 63,17 | 53,7 | 144,12 | 410791 | 71512,8 | 195822557 | 244778196 | |
| | Tump. (+ | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 | |
| | Lap. | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 | |
| | Tump. (- | 5 D16 | 1004,8 | 3 D16 | 602,88 | 300 | 436 | 48 | 401920 | 6503 | -55565,4 | -17362944 | 56,12 | 47,7 | 86,84 | 364939 | 36980,9 | 164757426 | 205946782 | |
| | Tump. (+ | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 | |
| | Lap. | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 | |
| | Tump. (- | 4 D16 | 803,84 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 321536 | 6503 | -90633 | -11575296 | 49,73 | 42,27 | 20,9 | 323385 | -1848,72 | 133443292 | 160804115 | |
| | Tump. (+ | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 | |
| | Lap. | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 | |
| | Tump. (- | 5 D16 | 1004,8 | 3 D16 | 602,88 | 300 | 436 | 48 | 401920 | 6503 | -55565,4 | -17362944 | 56,12 | 47,7 | 86,84 | 364939 | 36980,9 | 164757426 | 205946782 | |
| | Tump. (+ | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Lap. | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 | |
| | Tump. (- | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 | |
| | Tump. (+ | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Lap. | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 | |
| | Tump. (- | 3 D16 | 602,88 | 2 D16 | 401,92 | 300 | 436 | 48 | 241152 | 6503 | -10249 | -11575296 | 42,99 | 36,54 | -69,97 | 279523 | -38371,1 | 101877343 | 127346678 | |
| | Tump. (+ | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Lap | 0 D16 | 0 | 0 D16 | 0 | 300 | 436 | 48 | 0 | 6503 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

PERHITUNGAN MOMEN KAPASITAS BALOK INDUK PORTAL AS-B

$$f_c' = 30 \text{ Mpa} \quad M_{nak,b} = C_s \cdot (d - d') + C_c \cdot (d - a/2)$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa} \quad M_{kap,b} = 1,25 \cdot M_{nak,b}$$

| BALOK LANTAI | LOKASI | TULANGAN TERPASANG | | | | bw (mm) | d (mm) | d' (mm) | Ts (N) | A | B | C | X (mm) | a (mm) | fs' (Mpa) | Cc (N) | Cs (N) | M _{nak,b} (Nmm) | M _{kap,b} (Nmm) |
|-----------------|-----------|--------------------|-----------------------|-------|------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | ATAS | As (mm ²) | BAWAH | As' (mm ²) | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 s/d 6 | Tump. (-) | 6 D13 | 795,99 | 3 D13 | 397,995 | 250 | 353,5 | 46,5 | 318396 | 5419 | -89747,9 | -11104061 | 54,3 | 46,16 | 86,192 | 294241 | 24155,3 | 104639365 | 130799207 |
| | Tump. (+) | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Lap. | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Tump. (-) | 5 D13 | 663,325 | 3 D13 | 397,995 | 250 | 353,5 | 46,5 | 265330 | 5419 | -36681,9 | -11104061 | 48,78 | 41,46 | 28,034 | 264322 | 1008,34 | 88267585,6 | 110334482 |
| | Tump. (+) | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Lap. | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Tump. (-) | 4 D13 | 530,66 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 212264 | 5419 | -59831,9 | -7402707 | 42,89 | 38,46 | -50,47 | 232421 | -20157,2 | 71735801,6 | 89689751,9 |
| | Tump. (+) | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Lap. | 3 D13 | 397,995 | 3 D13 | 397,995 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | 69450,13 | -11104061 | 39,31 | 33,41 | -109,72 | 213017 | -53818,7 | 55220151 | 69025188,7 |
| | Tump. (-) | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Tump. (+) | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Lap. | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |

PERHITUNGAN MOMEN KAPASITAS BALOK INDUK PORTAL AS-C

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$ $M_{nak,b} = C_s \cdot (d - d') + C_c \cdot (d - a/2)$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$ $M_{kap,b} = 1,25 \cdot M_{nak,b}$

| BALOK LANTAI | LOKASI | TULANGAN TERPASANG | | | | bw (mm) | d (mm) | d' (mm) | Ts (N) | A | B | C | X (mm) | a (mm) | fs' (Mpa) | Cc (N) | Cs (N) | M _{nak,b} (Nmm) | M _{kap,b} (Nmm) |
|--------------|-----------|--------------------|-----------------------|-------|------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | ATAS | As (mm ²) | BAWAH | As' (mm ²) | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 s/d 6 | Tump. (-) | 6 D13 | 795,99 | 3 D13 | 397,995 | 250 | 353,5 | 46,5 | 318396 | 5419 | -89747,9 | -11104061 | 54,3 | 46,16 | 86,192 | 294241 | 24155,3 | 104639365 | 130799207 |
| | Tump. (+) | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Lap. | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Tump. (-) | 5 D13 | 663,325 | 3 D13 | 397,995 | 250 | 353,5 | 46,5 | 265330 | 5419 | -36681,9 | -11104061 | 48,78 | 41,46 | 28,034 | 264322 | 1008,34 | 88267585,6 | 110334482 |
| | Tump. (+) | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Lap. | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Tump. (-) | 4 D13 | 530,66 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 212264 | 5419 | -59831,9 | -7402707 | 42,89 | 36,46 | -50,47 | 232421 | -20157,2 | 71735801,6 | 89609751,9 |
| | Tump. (+) | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Lap. | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Tump. (-) | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Tump. (+) | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Lap. | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Tump. (-) | 7 D13 | 928,655 | 4 D13 | 530,66 | 250 | 353,5 | 46,5 | 371462 | 5419 | -66597,8 | -14805414 | 58,78 | 49,96 | 125,32 | 318493 | 52969 | 120892853 | 151116067 |
| | Tump. (+) | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Lap. | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |
| | Tump. (-) | 9 D13 | 1193,985 | 5 D13 | 663,325 | 250 | 353,5 | 46,5 | 477594 | 5419 | -96513,8 | -18506768 | 68,02 | 57,82 | 189,83 | 368588 | 109006 | 153105236 | 191381544 |
| | Tump. (+) | 4 D13 | 530,66 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 212264 | 5419 | -59831,9 | -7402707 | 42,89 | 36,46 | -50,47 | 232421 | -20157,2 | 71735801,6 | 89609751,9 |
| | Lap. | 3 D13 | 397,995 | 2 D13 | 265,33 | 250 | 353,5 | 46,5 | 159198 | 5419 | -6765,92 | -7402707 | 37,59 | 31,95 | -142,2 | 203695 | -44496,9 | 55091354,3 | 68864192,9 |

PERHITUNGAN PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK PORTAL AS-1

| ARTID | GALON | LOKAS | low (mm) | a (mm) | be (mm) | Ls (mm) | Vo (mm) | Tg (mm) | VO (mm) | VE (mm) | VE (mm) | Vmax (mm) | Max13 (mm) | Max10 (mm) | Wmax (mm) | Ci | Tc (mm) | Vc (mm) | Vmax (mm) | Vs (mm) | S (mm) | 3 max (mm) | CP55408 | |
|-------|-------|--------------------------------|-------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------|------------|------------|--------------|------------|-----------|---------------|---------|-------|
| 1 | 35 | Serd plastic Luar serap PIs | 300 | 452 | 803.33 | 6.50 | 110.00 | 3.40 | 71.00 | 12.20 | 31.20 | 228.110 | 321.693 | 205.047 | 146.073 | 146.073 | 0.0030 | 7.408 | 0.000 | 125.250 | 205.508 | 86.72 | 113.00 | 08-05 |
| | | | 300 | 452 | 550.00 | 2.50 | 131.70 | 0.10 | 26.50 | 3.50 | 68.30 | 100.00 | 144.700 | 321.693 | 205.047 | 146.073 | 146.073 | 0.000 | 121.705 | 105.442 | 50.952 | 276.00 | 08-230 | |
| | | | 300 | 452 | 550.00 | 2.50 | 131.70 | 0.10 | 26.50 | 3.50 | 68.30 | 100.00 | 144.700 | 321.693 | 205.047 | 146.073 | 146.073 | 0.000 | 121.705 | 105.442 | 50.952 | 276.00 | 08-230 | |
| | | | 300 | 452 | 550.00 | 2.50 | 131.70 | 0.10 | 26.50 | 3.50 | 68.30 | 100.00 | 144.700 | 321.693 | 205.047 | 146.073 | 146.073 | 0.000 | 121.705 | 105.442 | 50.952 | 276.00 | 08-230 | |
| | | | 300 | 452 | 550.00 | 2.50 | 131.70 | 0.10 | 26.50 | 3.50 | 68.30 | 100.00 | 144.700 | 321.693 | 205.047 | 146.073 | 146.073 | 0.000 | 121.705 | 105.442 | 50.952 | 276.00 | 08-230 | |
| | | | 300 | 452 | 550.00 | 2.50 | 131.70 | 0.10 | 26.50 | 3.50 | 68.30 | 100.00 | 144.700 | 321.693 | 205.047 | 146.073 | 146.073 | 0.000 | 121.705 | 105.442 | 50.952 | 276.00 | 08-230 | |
| | | | 300 | 452 | 550.00 | 2.50 | 131.70 | 0.10 | 26.50 | 3.50 | 68.30 | 100.00 | 144.700 | 321.693 | 205.047 | 146.073 | 146.073 | 0.000 | 121.705 | 105.442 | 50.952 | 276.00 | 08-230 | |
| | | | 300 | 452 | 550.00 | 2.50 | 131.70 | 0.10 | 26.50 | 3.50 | 68.30 | 100.00 | 144.700 | 321.693 | 205.047 | 146.073 | 146.073 | 0.000 | 121.705 | 105.442 | 50.952 | 276.00 | 08-230 | |
| | | | 300 | 452 | 550.00 | 2.50 | 131.70 | 0.10 | 26.50 | 3.50 | 68.30 | 100.00 | 144.700 | 321.693 | 205.047 | 146.073 | 146.073 | 0.000 | 121.705 | 105.442 | 50.952 | 276.00 | 08-230 | |
| | | | 300 | 452 | 550.00 | 2.50 | 131.70 | 0.10 | 26.50 | 3.50 | 68.30 | 100.00 | 144.700 | 321.693 | 205.047 | 146.073 | 146.073 | 0.000 | 121.705 | 105.442 | 50.952 | 276.00 | 08-230 | |
| 2 | 2015 | Serd plastic Luar serap PIs | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| 3 | 2015 | Serd plastic Luar serap PIs | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| 4 | 2015 | Serd plastic Luar serap PIs | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| 5 | 2015 | Serd plastic Luar serap PIs | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| 6 | 2015 | Serd plastic Luar serap PIs | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | 0.000 | 0.000 | 68.942 | 0.000 | 7.408 | 127.210 | 203.000 | 167.34 | 113.00 | 08-05 | |
| | | | 300 | 436 | 550.00 | 2.50 | 20.00 | 0.00 | 21.30 | 4.40 | 0.00 | 22.50 | 177.347 | | | | | | | | | | | |

PERHITUNGAN PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK PORTAL AS-B

[illegible]

PERHITUNGAN PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK PORTAL AS-B

[illegible]

PERHITUNGAN PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK PORTAL AS-C

[illegible]

TABEL GAYA AKSIAL RENCANA KOLOM PORTAL AS - 1

| LANTAI | KOLOM | RV | ND (KN) | NL (KN) | NE (KN) | Ng (KN) | Nu, maks. (KN) | M _{k,p,b-x} (KNm) | | M _{k,p,b-y} (KNm) | | Nu,kx (KN) MAKS. | Nu,ky (KN) MAKS. |
|--------|-------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|------------------------------|---------|------------------------------|---------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | POSITIF | NEGATIF | POSITIF | NEGATIF | | |
| 1 | 13 | 0,95 | 734,40 | 148,90 | 207,77 | 883,300 | 1800,099 | 166,804 | 321,693 | 0,000 | 89,870 | 1082,156 | 234,723 |
| | 37 | 0,95 | 727,40 | 143,00 | 92,50 | 870,400 | 1302,420 | 127,347 | 380,155 | 0,000 | 130,799 | 1068,296 | 121,286 |
| 2 | 165 | 0,95 | 599,10 | 122,30 | 138,30 | 721,400 | 1338,330 | 166,804 | 283,466 | 0,000 | 110,335 | 900,056 | 185,596 |
| | 189 | 0,95 | 594,80 | 117,50 | 67,60 | 712,300 | 1031,835 | 127,347 | 321,693 | 0,000 | 130,799 | 890,111 | 95,141 |
| 3 | 317 | 0,95 | 483,70 | 95,40 | 78,70 | 559,100 | 917,595 | 127,347 | 283,466 | 0,000 | 110,335 | 717,146 | 103,016 |
| | 341 | 0,95 | 461,50 | 91,60 | 46,50 | 553,100 | 776,055 | 127,347 | 321,693 | 0,000 | 110,335 | 722,951 | 69,206 |
| 4 | 469 | 0,95 | 328,00 | 68,30 | 37,10 | 396,300 | 571,935 | 127,347 | 244,778 | 0,000 | 110,335 | 533,955 | 59,336 |
| | 493 | 0,95 | 328,00 | 65,40 | 28,10 | 393,400 | 531,090 | 127,347 | 283,466 | 0,000 | 110,335 | 543,161 | 49,886 |
| 5 | 621 | 0,95 | 192,20 | 41,00 | 10,70 | 233,200 | 289,800 | 127,347 | 205,947 | 0,000 | 89,870 | 350,403 | 27,790 |
| | 645 | 0,95 | 194,40 | 39,20 | 13,40 | 233,600 | 301,560 | 127,347 | 244,778 | 0,000 | 89,870 | 363,120 | 30,634 |
| 6 | 773 | 0,95 | 56,00 | 13,60 | 1,60 | 69,800 | 79,800 | 127,347 | 166,804 | 0,000 | 68,864 | 166,228 | 14,401 |
| | 797 | 0,95 | 61,50 | 13,00 | 3,50 | 74,500 | 92,925 | 127,347 | 166,804 | 0,000 | 68,864 | 171,373 | 16,396 |

TABEL GAYA AKSIAL RENCANA KOLOM PORTAL AS - 6

| LANTAI | KOLOM | RV | ND (KN) | NL (KN) | NE (KN) | Ng (KN) | Nu, maks. (KN) | M _{k,p,b-x} (KNm) | | M _{k,p,b-y} (KNm) | | Nu,kx (KN) MAKS. | Nu,ky (KN) MAKS. |
|--------|-------|------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|------------------------------|---------|------------------------------|---------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | POSITIF | NEGATIF | POSITIF | NEGATIF | | |
| 1 | 18 | 0,95 | 327,40 | 74,10 | 871,20 | 401,500 | 4080,615 | 127,347 | 205,947 | 68,864 | 130,799 | 527,118 | 951,842 |
| | 42 | 0,95 | 833,80 | 227,80 | 97,10 | 1061,600 | 1522,500 | 127,347 | 166,804 | 68,864 | 130,799 | 1207,828 | 138,837 |
| 2 | 170 | 0,95 | 272,7 | 62,30 | 535,20 | 335,000 | 2599,590 | 127,347 | 205,947 | 68,864 | 151,116 | 457,293 | 602,595 |
| | 194 | 0,95 | 686,4 | 186,00 | 83,80 | 872,400 | 1268,400 | 127,347 | 205,947 | 68,864 | 130,799 | 1021,563 | 124,977 |
| 3 | 322 | 0,95 | 183,40 | 41,70 | 262,20 | 225,100 | 1337,595 | 127,347 | 283,466 | 68,864 | 191,381 | 366,446 | 323,383 |
| | 346 | 0,95 | 540,20 | 144,50 | 66,30 | 684,700 | 997,385 | 127,347 | 205,947 | 68,864 | 110,335 | 824,478 | 102,717 |
| 4 | 474 | 0,95 | 134,70 | 30,30 | 114,80 | 165,000 | 655,410 | 127,347 | 283,466 | 68,864 | 191,381 | 303,341 | 168,613 |
| | 498 | 0,95 | 395,20 | 103,40 | 46,80 | 498,600 | 720,090 | 127,347 | 166,804 | 68,864 | 110,335 | 616,678 | 82,242 |
| 5 | 628 | 0,95 | 70,60 | 15,50 | 19,80 | 86,100 | 173,585 | 127,347 | 244,778 | 68,864 | 191,381 | 208,245 | 68,883 |
| | 650 | 0,95 | 250,40 | 62,50 | 27,10 | 312,900 | 442,365 | 127,347 | 166,804 | 68,864 | 89,870 | 421,693 | 57,740 |
| 6 | 778 | 0,95 | 29,70 | 13,60 | 1,60 | 43,300 | 52,185 | 127,347 | 205,947 | 68,864 | 151,116 | 151,008 | 42,315 |
| | 802 | 0,95 | 106,00 | 21,80 | 8,90 | 127,800 | 171,570 | 127,347 | 127,347 | 68,864 | 68,864 | 214,843 | 34,786 |

TABEL MOMEN RENCANA KOLOM PORTAL AS - 1

| LANTAI | KOLOM | ME, k_x (KNm) | | α, k_x | | ME, k_y (KNm) | | α, k_y | | M $_{kap, b-x}$ (KNm) | | M $_{kap, b-y}$ (KNm) | | Mu, k_x (KNm) | | Mu, k_y (KNm) | |
|--------|-------|-------------------|--------|---------------|---------------|-------------------|-------|---------------|---------------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|
| | | ATAS | BAWAH | α, k_a | α, k_b | ATAS | BAWAH | α, k_a | α, k_b | KIRI | KANAN | KIRI | KANAN | ATAS | BAWAH | ATAS | BAWAH |
| 1 | 13 | 130,00 | 150,90 | 0,510 | - | 38,90 | 47,90 | 0,510 | - | 166,804 | 321,693 | 0,000 | 89,670 | 263,118 | 174,270 | 120,710 | 95,870 |
| | 37 | 84,30 | 137,20 | 0,603 | - | 25,40 | 41,30 | 0,602 | - | 127,347 | 360,155 | 0,000 | 130,799 | 318,173 | 149,590 | 166,922 | 82,460 |
| 2 | 165 | 124,90 | 122,90 | 0,559 | 0,435 | 37,30 | 36,70 | 0,559 | 0,434 | 166,804 | 283,466 | 0,000 | 110,335 | 270,516 | 210,275 | 137,379 | 106,569 |
| | 189 | 55,40 | 43,10 | 0,489 | 0,239 | 16,80 | 13,10 | 0,490 | 0,241 | 127,347 | 321,693 | 0,000 | 130,799 | 239,203 | 116,838 | 130,176 | 64,001 |
| 3 | 317 | 98,50 | 94,90 | 0,547 | 0,436 | 29,40 | 28,40 | 0,546 | 0,436 | 127,347 | 283,466 | 0,000 | 110,335 | 243,027 | 193,616 | 127,771 | 102,001 |
| | 341 | 57,80 | 54,10 | 0,550 | 0,557 | 17,50 | 16,40 | 0,550 | 0,556 | 127,347 | 321,693 | 0,000 | 110,335 | 265,419 | 268,620 | 134,988 | 136,366 |
| 4 | 468 | 81,60 | 77,50 | 0,612 | 0,450 | 24,40 | 23,20 | 0,612 | 0,450 | 127,347 | 244,778 | 0,000 | 110,335 | 248,122 | 182,346 | 135,878 | 99,901 |
| | 493 | 47,30 | 40,30 | 0,553 | 0,427 | 14,30 | 12,20 | 0,554 | 0,427 | 127,347 | 283,466 | 0,000 | 110,335 | 245,826 | 189,699 | 129,594 | 99,738 |
| 5 | 621 | 51,80 | 48,50 | 0,693 | 0,385 | 15,50 | 14,50 | 0,692 | 0,385 | 127,347 | 205,947 | 0,000 | 89,670 | 249,689 | 138,785 | 131,368 | 73,018 |
| | 645 | 38,20 | 31,70 | 0,683 | 0,440 | 11,50 | 9,60 | 0,685 | 0,440 | 127,347 | 244,778 | 0,000 | 89,670 | 272,952 | 175,858 | 137,938 | 88,738 |
| 6 | 773 | 23,00 | 21,40 | 1,000 | 0,306 | 6,90 | 6,40 | 1,000 | 0,306 | 127,347 | 166,804 | 0,000 | 68,864 | 315,125 | 96,476 | 157,266 | 48,158 |
| | 797 | 17,70 | 13,50 | 1,000 | 0,299 | 5,30 | 4,10 | 1,000 | 0,299 | 127,347 | 166,804 | 0,000 | 68,864 | 315,125 | 94,119 | 157,268 | 47,065 |

TABEL MOMEN RENCANA KOLOM PORTAL AS - 6

| LANTAI | KOLOM | ME, k_x (KNm) | | α, k_x | | ME, k_y (KNm) | | α, k_y | | M $_{kap, b-x}$ (KNm) | | M $_{kap, b-y}$ (KNm) | | Mu, k_x (KNm) | | Mu, k_y (KNm) | |
|--------|-------|-------------------|-------|---------------|---------------|-------------------|-------|---------------|---------------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|
| | | ATAS | BAWAH | α, k_a | α, k_b | ATAS | BAWAH | α, k_a | α, k_b | KIRI | KANAN | KIRI | KANAN | ATAS | BAWAH | ATAS | BAWAH |
| 1 | 18 | 1,90 | 16,00 | 0,475 | - | 0,80 | 6,00 | 0,421 | - | 127,347 | 205,947 | 68,864 | 130,799 | 186,953 | 17,800 | 126,295 | 10,800 |
| | 42 | 8,20 | 20,80 | 0,225 | - | 1,90 | 3,60 | 0,704 | - | 127,347 | 166,804 | 68,864 | 130,799 | 79,620 | 21,880 | 202,805 | 9,840 |
| 2 | 170 | 2,10 | 10,50 | 0,467 | 0,396 | 1,10 | 3,30 | 0,407 | 0,355 | 127,347 | 205,947 | 68,864 | 151,116 | 186,521 | 158,367 | 130,488 | 113,851 |
| | 194 | 28,30 | 33,80 | 0,502 | 0,619 | 0,80 | 3,70 | 0,667 | 0,507 | 127,347 | 205,947 | 68,864 | 130,799 | 197,491 | 243,649 | 189,967 | 152,030 |
| 3 | 322 | 2,40 | 6,30 | 0,480 | 0,375 | 1,60 | 2,90 | 0,485 | 0,468 | 127,347 | 283,466 | 68,864 | 191,381 | 234,900 | 183,516 | 186,120 | 179,553 |
| | 346 | 28,10 | 28,70 | 0,440 | 0,459 | 0,40 | 1,40 | 0,286 | 0,275 | 127,347 | 205,947 | 68,864 | 110,335 | 170,377 | 177,913 | 79,848 | 76,716 |
| 4 | 474 | 2,60 | 4,00 | 0,619 | 0,388 | 1,70 | 1,90 | 0,630 | 0,398 | 127,347 | 283,466 | 68,864 | 191,381 | 302,947 | 180,049 | 241,697 | 151,949 |
| | 498 | 35,80 | 34,60 | 0,561 | 0,547 | 1,00 | 1,20 | 0,588 | 0,462 | 127,347 | 166,804 | 68,864 | 110,335 | 195,418 | 180,359 | 157,477 | 123,559 |
| 5 | 626 | 1,60 | 1,70 | 0,640 | 0,298 | 1,00 | 1,10 | 0,526 | 0,367 | 127,347 | 244,778 | 68,864 | 191,381 | 288,415 | 134,404 | 195,923 | 136,493 |
| | 650 | 28,00 | 26,10 | 0,499 | 0,430 | 0,70 | 0,70 | 0,438 | 0,368 | 127,347 | 166,804 | 68,864 | 89,670 | 170,722 | 147,077 | 108,074 | 91,010 |
| 6 | 778 | 0,90 | 0,70 | 1,000 | 0,292 | 0,90 | 0,80 | 1,000 | 0,421 | 127,347 | 205,947 | 68,864 | 151,116 | 399,687 | 116,575 | 320,288 | 134,858 |
| | 802 | 28,10 | 28,10 | 1,000 | 0,518 | 0,90 | 0,70 | 1,000 | 0,500 | 127,347 | 127,347 | 68,864 | 68,864 | 298,308 | 153,621 | 214,350 | 107,175 |

TABEL PENULANGAN KOLOM PORTAL AS - 1

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$f_y = 400 \text{ Mpa}$

Sel. Beton = 30 mm

| Sel. Beton = 30 mm | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|--------------|-----|-------|-------------|---------------|---------------------------------------|---|-------|--------|---------|---------|---------------------|----------|-------------------|
| LANTAI | KOLOM | DIMENSI (mm) | | | Nu (N) | Mu (Nmm) | Nu | | Mu | | r | 1,2 * r | As perlu (mm2) | Dipasang | As ada (mm2) |
| | | b | h | d | | | $0.8 \cdot A_g \cdot 0.85 \cdot f_c'$ | $0.8 \cdot A_g \cdot 0.85 \cdot f_c' \cdot h$ | | | | | | | |
| 1 | 13 | 500 | 500 | 450,5 | 1082156 | 263118000 | 0,2829 | 0,1376 | 0,028 | 0,0336 | 7568,40 | 20 D 22 | 7598,80 | | |
| | 37 | 500 | 500 | 450,5 | 1068296 | 318173000 | 0,2793 | 0,1664 | 0,033 | 0,0398 | 8919,90 | 24 D 22 | 9118,56 | | |
| 2 | 165 | 500 | 500 | 450,5 | 900056 | 270516000 | 0,2353 | 0,1414 | 0,028 | 0,0336 | 7568,40 | 20 D 22 | 7598,80 | | |
| | 189 | 500 | 500 | 450,5 | 890111 | 239203000 | 0,2327 | 0,1251 | 0,028 | 0,0336 | 7568,40 | 20 D 22 | 7598,80 | | |
| 3 | 317 | 450 | 450 | 400,5 | 717146 | 243027000 | 0,2315 | 0,1743 | 0,035 | 0,0420 | 7569,45 | 20 D 22 | 7598,80 | | |
| | 341 | 450 | 450 | 400,5 | 722951 | 268620000 | 0,2333 | 0,1927 | 0,035 | 0,0420 | 7569,45 | 20 D 22 | 7598,80 | | |
| 4 | 469 | 450 | 450 | 400,5 | 533955 | 248122000 | 0,1723 | 0,1780 | 0,031 | 0,0372 | 6704,37 | 18 D 22 | 6838,92 | | |
| | 493 | 450 | 450 | 400,5 | 543161 | 245826000 | 0,1753 | 0,1763 | 0,031 | 0,0372 | 6704,37 | 18 D 22 | 6838,92 | | |
| 5 | 621 | 400 | 400 | 350,5 | 350403 | 249689000 | 0,1431 | 0,2550 | 0,038 | 0,0456 | 6393,12 | 18 D 22 | 6838,92 | | |
| | 645 | 400 | 400 | 350,5 | 363120 | 272952000 | 0,1483 | 0,2788 | 0,045 | 0,0540 | 7570,80 | 20 D 22 | 7598,80 | | |
| 6 | 773 | 400 | 400 | 350,5 | 166228 | 315125000 | 0,0879 | 0,3218 | 0,045 | 0,0540 | 7570,80 | 20 D 22 | 7598,80 | | |
| | 797 | 400 | 400 | 350,5 | 171373 | 315125000 | 0,0700 | 0,3218 | 0,045 | 0,0540 | 7570,80 | 20 D 22 | 7598,80 | | |

TABEL PENULANGAN KOLOM PORTAL AS - 6

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$f_y = 400 \text{ Mpa}$

Sel. Beton = 40 mm

| Sel. Beton = 40 mm | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|--------------|-----|-------|-------------|---------------|--------------------------------------|--|-------|---------|---------------------------------|----------|-------------------------------|--|
| LANTAI | KOLOM | DIMENSI (mm) | | | Nu (N) | Mu (Nmm) | Nu | Mu | r | 1,2 * r | As perlu (mm ²) | Dipasang | As ada (mm ²) | |
| | | b | h | d | | | $0.8 \cdot Ag \cdot 0.85 \cdot f_c'$ | $0.8 \cdot Ag \cdot 0.85 \cdot f_c' \cdot h$ | | | | | | |
| 1 | 18 | 500 | 500 | 450,5 | 527118 | 186953000 | 0,1378 | 0,0978 | 0,02 | 0,0240 | 5406,00 | 16 D 22 | 6079,04 | |
| | 42 | 500 | 500 | 450,5 | 1207828 | 79620000 | 0,3158 | 0,0416 | 0,020 | 0,0240 | 5406,00 | 16 D 22 | 6079,04 | |
| 2 | 170 | 500 | 500 | 450,5 | 457293 | 186521000 | 0,1196 | 0,0975 | 0,019 | 0,0228 | 5135,70 | 16 D 22 | 6079,04 | |
| | 194 | 500 | 500 | 450,5 | 1021583 | 197491000 | 0,2671 | 0,1033 | 0,026 | 0,0312 | 7027,80 | 20 D 22 | 7598,80 | |
| 3 | 322 | 450 | 450 | 400,5 | 366446 | 234900000 | 0,1183 | 0,1685 | 0,028 | 0,0336 | 6055,56 | 16 D 22 | 6079,04 | |
| | 346 | 450 | 450 | 400,5 | 824478 | 170377000 | 0,2661 | 0,1222 | 0,028 | 0,0336 | 6055,56 | 16 D 22 | 6079,04 | |
| 4 | 474 | 450 | 450 | 400,5 | 303341 | 302947000 | 0,0979 | 0,2173 | 0,033 | 0,0396 | 7136,91 | 20 D 22 | 7598,80 | |
| | 498 | 450 | 450 | 400,5 | 616678 | 195418000 | 0,1990 | 0,1402 | 0,028 | 0,0336 | 6055,56 | 16 D 22 | 6079,04 | |
| 5 | 626 | 400 | 400 | 350,5 | 208245 | 288415000 | 0,0851 | 0,2945 | 0,045 | 0,0540 | 7570,80 | 20 D 22 | 7598,80 | |
| | 650 | 400 | 400 | 350,5 | 421693 | 170722000 | 0,1723 | 0,1743 | 0,031 | 0,0372 | 5215,44 | 16 D 22 | 6079,04 | |
| 6 | 778 | 400 | 400 | 350,5 | 151008 | 297887000 | 0,0817 | 0,3040 | 0,045 | 0,0540 | 7570,80 | 20 D 22 | 7598,80 | |
| | 802 | 400 | 400 | 350,5 | 214843 | 296308000 | 0,0878 | 0,3026 | 0,045 | 0,0540 | 7570,80 | 20 D 22 | 7598,80 | |

TABEL PENULANGAN GESER KOLOM PORTAL AS - 1

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$f_y = 320 \text{ Mpa}$

Sel. Beton = 40 mm

| LANTAI | KOLOM | DIMENSI (mm) | | | $M_{u,k}$ (KNm) | | $N_{u,k}$ (KN) | $V_{u,k}$ (KN) | V_c (N) | V_h (KN) | V_s (N) | KEB. GESER | S (mm) | DIPASANG |
|--------|-------|--------------|-----|-------|-----------------|---------|-------------------|-------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|-------------|-----------------|
| | | b | h | d | ATAS | BAWAH | | | | | | | | |
| 1 | 13 A | 500 | 500 | 450,5 | 283,118 | 174,27 | 1082,1580 | 87,4778 | 289200,5873 | 145796,00 | -123404,59 | TDK.PERLU | -183,499279 | $\phi 10 - 200$ |
| | 13 B | 500 | 500 | 450,5 | 283,118 | 174,27 | 1082,1580 | 87,4778 | 0 | 145796,00 | 145796,00 | PERLU | 155,3173804 | $\phi 10 - 100$ |
| | 37 A | 500 | 500 | 450,5 | 318,173 | 149,59 | 1068,2980 | 93,5526 | 268386,3155 | 155921,00 | -112465,32 | TDK.PERLU | -201,34788 | $\phi 10 - 200$ |
| | 37 B | 500 | 500 | 450,5 | 318,173 | 149,59 | 1068,2980 | 93,5526 | 0 | 155921,00 | 155921,00 | PERLU | 145,2315775 | $\phi 10 - 100$ |
| 2 | 165 | 500 | 500 | 450,5 | 270,516 | 210,275 | 900,0580 | 137,3689 | 258502,2551 | 228948,10 | -29554,18 | TDK.PERLU | -786,208646 | $\phi 10 - 200$ |
| | 189 | 500 | 500 | 450,5 | 239,203 | 118,838 | 890,1110 | 101,7260 | 257917,9887 | 189543,33 | -88374,68 | TDK.PERLU | -256,234894 | $\phi 10 - 200$ |
| 3 | 317 | 450 | 450 | 400,5 | 243,027 | 193,816 | 717,1480 | 124,7551 | 206139,945 | 207925,24 | 1785,29 | PERLU | 11276,2282 | $\phi 10 - 200$ |
| | 341 | 450 | 450 | 400,5 | 285,419 | 268,82 | 722,9510 | 152,5828 | 208476,8237 | 254304,29 | 47827,48 | PERLU | 420,9166019 | $\phi 10 - 200$ |
| 4 | 469 | 450 | 450 | 400,5 | 248,122 | 182,346 | 533,9550 | 122,9909 | 195508,9116 | 204984,76 | 9475,85 | PERLU | 2124,492487 | $\phi 10 - 200$ |
| | 493 | 450 | 450 | 400,5 | 245,828 | 189,699 | 543,1610 | 124,4357 | 196043,1589 | 207382,86 | 11349,70 | PERLU | 1773,736386 | $\phi 10 - 200$ |
| 5 | 621 | 400 | 400 | 350,5 | 249,889 | 138,785 | 350,4030 | 110,9928 | 148005,1088 | 184987,62 | 36982,51 | PERLU | 476,3898585 | $\phi 10 - 200$ |
| | 645 | 400 | 400 | 350,5 | 272,952 | 175,858 | 363,1200 | 128,2314 | 148731,7066 | 213719,05 | 64987,34 | PERLU | 271,1003792 | $\phi 10 - 200$ |
| 6 | 773 | 400 | 400 | 350,5 | 315,125 | 96,476 | 166,2280 | 117,6003 | 137482,0872 | 196000,48 | 58518,38 | PERLU | 301,0693923 | $\phi 10 - 200$ |
| | 797 | 400 | 400 | 350,5 | 315,125 | 94,119 | 171,3730 | 116,9269 | 137776,0618 | 194878,10 | 57102,03 | PERLU | 308,5370464 | $\phi 10 - 200$ |

TABEL PENULANGAN GESER KOLOM PORTAL AS - 6

$f'c = 30 \text{ Mpa}$

$f_y = 320 \text{ Mpa}$

sel. Beton = 40 mm

| LANTAI | KOLOM | DIMENSI (mm) | | | $M_{u,k} \text{ (KNm)}$ | | $N_{u,k} \text{ (KN)}$ | $V_{u,k} \text{ (KN)}$ | $V_c \text{ (KN)}$ | $V_h \text{ (KN)}$ | $V_s \text{ (N)}$ | KEB. GESER | S (mm) | DIPASANG |
|--------|-------|--------------|-----|-------|-------------------------|----------|------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|------------|-------------|-----------------|
| | | b | h | d | ATAS | BAWAH | | | | | | | | |
| 1 | 18 A | 500 | 500 | 450,5 | 188,953 | 17,8 | 527,1180 | 40,9506 | 238592,2353 | 88251,00 | -168341,24 | TDK PERLU | -134,516375 | $\phi 10 - 200$ |
| | 18 B | 500 | 500 | 450,5 | 188,953 | 17,8 | 527,1180 | 40,9506 | 0 | 88251,00 | 88251,00 | PERLU | 331,7849233 | $\phi 10 - 100$ |
| | 42 A | 500 | 500 | 450,5 | 79,62 | 21,88 | 1207,8280 | 20,3000 | 278583,7877 | 33833,33 | -242750,45 | TDK PERLU | -83,283668 | $\phi 10 - 200$ |
| | 42 B | 500 | 500 | 450,5 | 79,62 | 21,88 | 1207,8280 | 20,3000 | 0 | 33833,33 | 33833,33 | PERLU | 669,3000828 | $\phi 10 - 100$ |
| 2 | 170 | 500 | 500 | 450,5 | 188,521 | 158,367 | 457,2930 | 98,5394 | 232490,033 | 184232,38 | -88257,65 | TDK PERLU | -331,752589 | $\phi 10 - 200$ |
| | 194 | 500 | 500 | 450,5 | 197,491 | 243,8490 | 1021,5830 | 128,0400 | 285640,7628 | 210088,67 | -55574,10 | TDK PERLU | -407,487786 | $\phi 10 - 200$ |
| 3 | 322 | 450 | 450 | 400,5 | 234,9 | 183,5160 | 368,4480 | 119,5474 | 185787,944 | 189245,71 | 13457,77 | PERLU | 1495,892144 | $\phi 10 - 200$ |
| | 348 | 450 | 450 | 400,5 | 170,377 | 177,9130 | 824,4780 | 98,5114 | 212368,8802 | 165852,38 | -48516,31 | TDK PERLU | -432,780956 | $\phi 10 - 200$ |
| 4 | 474 | 450 | 450 | 400,5 | 302,947 | 190,0490 | 303,3410 | 140,8560 | 182125,8025 | 234760,00 | 52634,20 | PERLU | 382,4770543 | $\phi 10 - 200$ |
| | 498 | 450 | 450 | 400,5 | 195,418 | 190,3590 | 818,6780 | 110,2220 | 200309,5348 | 183703,33 | -16606,20 | TDK PERLU | -1212,28041 | $\phi 10 - 200$ |
| 5 | 626 | 400 | 400 | 350,5 | 288,415 | 134,4040 | 208,2450 | 120,8054 | 139882,778 | 201342,38 | 81459,60 | PERLU | 286,6613506 | $\phi 10 - 200$ |
| | 650 | 400 | 400 | 350,5 | 170,722 | 147,0770 | 421,8930 | 90,7897 | 152078,33 | 151332,86 | -745,47 | TDK PERLU | -23633,4474 | $\phi 10 - 200$ |
| 6 | 778 | 400 | 400 | 350,5 | 399,687 | 116,5750 | 151,0080 | 147,5034 | 138612,4882 | 245839,05 | 109226,56 | PERLU | 181,2986154 | $\phi 10 - 200$ |
| | 802 | 400 | 400 | 350,5 | 296,308 | 153,8210 | 214,8430 | 128,5511 | 140259,7609 | 214251,80 | 73992,14 | PERLU | 238,1076136 | $\phi 10 - 200$ |

TABEL PERHITUNGAN DAYA DUKUNG TIANG PANCANG

D pond. = 0.40 m

| Dept. (m) | JENIS TANAH | Ap (m ²) | As (m ²) | N1 | N2 | N | Np | Ns | k (T/m ²) | Qp (T) | Qs (T) | Qu (T) | Q ijin (T) |
|--------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----|----|------|-------|-------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| 5 | Lempung berlanau | 0,126 | 6,285 | 4 | 5 | 4,5 | 4,50 | 4,50 | 12,00 | 6,804 | 15,713 | 22,517 | 8,640 |
| 10 | Lempung berlanau berpasir halus | 0,126 | 12,570 | 3 | 3 | 3,0 | 3,00 | 3,75 | 12,00 | 4,536 | 28,283 | 32,819 | 11,696 |
| 15 | Pasir halus berlanau | 0,126 | 18,855 | 1 | 2 | 1,5 | 10,50 | 3,00 | 12,00 | 15,876 | 37,710 | 53,586 | 20,508 |
| 20 | Lempung | 0,126 | 25,140 | 26 | 28 | 27,0 | 21,33 | 9,00 | 12,00 | 32,256 | 100,560 | 132,816 | 49,648 |
| 25 | Lempung | 0,126 | 31,425 | 39 | 32 | 35,5 | 35,00 | 14,30 | 12,00 | 52,920 | 181,218 | 234,138 | 86,866 |
| 30 | Lempung | 0,126 | 37,710 | 44 | 41 | 42,5 | 39,67 | 19,00 | 12,00 | 59,976 | 276,540 | 336,516 | 122,168 |
| 35 | Lempung | 0,126 | 43,995 | 41 | 41 | 41,0 | 41,00 | 22,14 | 12,00 | 61,992 | 368,720 | 430,712 | 153,903 |

TABEL PERHITUNGAN JOINT BEAM COLUMN PORTAL MELINTANG AS 1

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$ Data Balok :
 $f_y = 320 \text{ Mpa}$ $b = 300 \text{ mm}$
 $0,1 \cdot f_c' = 3 \text{ Mpa}$ $h = 500 \text{ mm}$
 $1,5/\sqrt{f_c'} = 8,25 \text{ Mpa}$ $d = 436 \text{ mm}$

| LANTAI | AS | L _{kl} (m) | L _{kl,n} (m) | L _{ka} (m) | L _{ka,n} (m) | M _{kap,kl} (KNm) | M _{kap,ka} (KNm) | a _{kl} (mm) | a _{ka} (mm) | Z _{kl} (mm) | Z _{ka} (mm) | b _j (mm) | h _c (mm) | h _{ka} (mm) | h _{kb} (mm) | V _{kol} (KN) | N _{uk} (KN) | C _{kl} = T _{kl} (N) | C _{ka} = T _{ka} (N) |
|--------|----|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--|--|
| 1 | C | 3 | 2,5 | 7 | 6,5 | 205,947 | 321,693 | 47,7 | 83,93 | 412,15 | 404,035 | 500 | 500 | 4 | 5,5 | 87,47421279 | 1082,156 | 349782,6034 | 557340,5769 |
| | D | 7 | 6,5 | 3 | 2,5 | 360,155 | 127,347 | 67,06 | 36,54 | 402,47 | 417,73 | 500 | 500 | 4 | 5,5 | 79,67851401 | 1068,296 | 626403,2102 | 213398,3674 |
| 2 | C | 3 | 2,5 | 7 | 6,5 | 166,804 | 321,693 | 42,27 | 83,93 | 414,865 | 404,035 | 500 | 500 | 4 | 4 | 95,65559769 | 900,056 | 281447,6999 | 557340,5769 |
| | D | 7 | 6,5 | 3 | 2,5 | 321,693 | 127,347 | 63,93 | 36,54 | 404,035 | 417,73 | 500 | 500 | 4 | 4 | 87,36962769 | 890,111 | 557340,5769 | 213398,3674 |
| 3 | C | 3 | 2,55 | 7 | 6,55 | 127,347 | 283,466 | 36,04 | 57,74 | 417,98 | 407,13 | 450 | 450 | 4 | 4 | 79,23313359 | 717,146 | 213270,7307 | 487377,9874 |
| | D | 7 | 6,55 | 3 | 2,55 | 321,693 | 127,347 | 63,93 | 36,54 | 404,035 | 417,73 | 450 | 450 | 4 | 4 | 86,38245802 | 722,951 | 557340,5769 | 213398,3674 |
| 4 | C | 3 | 2,55 | 7 | 6,55 | 127,347 | 244,778 | 36,54 | 53,7 | 417,73 | 409,15 | 450 | 450 | 4 | 4 | 71,9975916 | 533,955 | 213398,3674 | 418781,8648 |
| | D | 7 | 6,55 | 3 | 2,55 | 283,466 | 127,347 | 57,74 | 36,54 | 407,13 | 417,73 | 450 | 450 | 4 | 4 | 79,23313359 | 543,161 | 487377,9874 | 213398,3674 |
| 5 | C | 3 | 2,6 | 7 | 6,6 | 127,347 | 205,947 | 36,54 | 47,7 | 417,73 | 412,15 | 400 | 400 | 4 | 4 | 63,93830944 | 350,403 | 213398,3674 | 349782,6034 |
| | D | 7 | 6,6 | 3 | 2,6 | 244,778 | 127,347 | 53,7 | 36,54 | 409,15 | 417,73 | 400 | 400 | 4 | 4 | 71,14657838 | 363,12 | 418781,8648 | 213398,3674 |
| 6 | C | 3 | 2,6 | 7 | 6,6 | 127,347 | 127,347 | 36,54 | 36,54 | 417,73 | 417,73 | 400 | 400 | 0 | 4 | 98,70134615 | 166,228 | 213398,3674 | 213398,3674 |
| | D | 7 | 6,6 | 3 | 2,6 | 127,347 | 127,347 | 36,54 | 36,54 | 417,73 | 417,73 | 400 | 400 | 0 | 4 | 98,70134615 | 171,373 | 213398,3674 | 213398,3674 |

TABEL PENULANGAN JOINT BEAM COLUMN PORTAL MELINTANG AS 1

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 320 \text{ Mpa}$
 $0,1 \cdot f_c' = 3 \text{ Mpa}$
 $1,5/f_c' = 8,25 \text{ Mpa}$

Data Balok :
 $b = 300 \text{ mm}$
 $h = 500 \text{ mm}$
 $d = 438 \text{ mm}$

| Vjh (N) | Vjv (N) | Ujh (Mpa) | Ag (mm ²) | Nu/Ag (Mpa) | Vch (N) | Vsh (N) | Ajh (mm ²) | DIPASANG | | Vcv (N) | Vsu (N) | Ajv (mm ²) | DIPASANG | |
|--------------|--------------|----------------|---------------------------|------------------|--------------|--------------|----------------------------|----------|------------|--------------|--------------|----------------------------|----------|------------|
| | | | | | | | | TUL | JML. LAPIS | | | | TUL | JML. LAPIS |
| 819648,97 | 819648,97 | 3,279 | 250000 | 4,329 | 192109,92 | 627539,05 | 1961,06 | 4D10 | 7 | 491907,65 | 327741,322 | 1024,19 | 2D10 | 7 |
| 760123,06 | 760123,06 | 3,040 | 250000 | 4,273 | 188059,09 | 572063,97 | 1787,70 | 4D10 | 6 | 456182,11 | 303940,9539 | 949,82 | 2D10 | 7 |
| 743132,68 | 743132,68 | 2,973 | 250000 | 3,600 | 129123,54 | 614009,14 | 1918,78 | 4D10 | 7 | 445968,79 | 297163,8902 | 928,64 | 2D10 | 6 |
| 683369,32 | 683369,32 | 2,733 | 250000 | 3,560 | 124771,35 | 558597,97 | 1745,62 | 4D10 | 6 | 410102,69 | 273266,6234 | 853,96 | 2D10 | 6 |
| 621415,58 | 621415,58 | 3,069 | 202500 | 3,541 | 99338,51 | 522077,07 | 1631,49 | 4D10 | 6 | 372922,71 | 248492,8765 | 776,54 | 2D10 | 5 |
| 684356,49 | 684356,49 | 3,380 | 202500 | 3,570 | 101934,24 | 582422,24 | 1820,07 | 4D10 | 6 | 410695,33 | 273661,1532 | 855,19 | 2D10 | 6 |
| 560182,64 | 560182,64 | 2,766 | 202500 | 2,637 | 0,00 | 560182,64 | 1750,57 | 4D10 | 6 | 336158,82 | 224023,8198 | 700,07 | 2D10 | 5 |
| 621543,22 | 621543,22 | 3,069 | 202500 | 2,682 | 0,00 | 621543,22 | 1942,32 | 4D10 | 7 | 372981,50 | 248561,7168 | 776,76 | 2D10 | 5 |
| 499241,66 | 499241,66 | 3,120 | 160000 | 2,190 | 0,00 | 499241,66 | 1560,13 | 4D10 | 5 | 299581,44 | 199660,2196 | 623,94 | 2D10 | 4 |
| 561033,65 | 561033,65 | 3,506 | 160000 | 2,270 | 0,00 | 561033,65 | 1753,23 | 4D10 | 6 | 336662,63 | 224371,0193 | 701,16 | 2D10 | 5 |
| 328095,39 | 328095,39 | 2,051 | 160000 | 1,039 | 0,00 | 328095,39 | 1025,30 | 4D10 | 4 | 196868,60 | 131226,7932 | 410,08 | 2D10 | 3 |
| 328095,39 | 328095,39 | 2,051 | 160000 | 1,071 | 0,00 | 328095,39 | 1025,30 | 4D10 | 4 | 196868,95 | 131226,4415 | 410,08 | 2D10 | 3 |

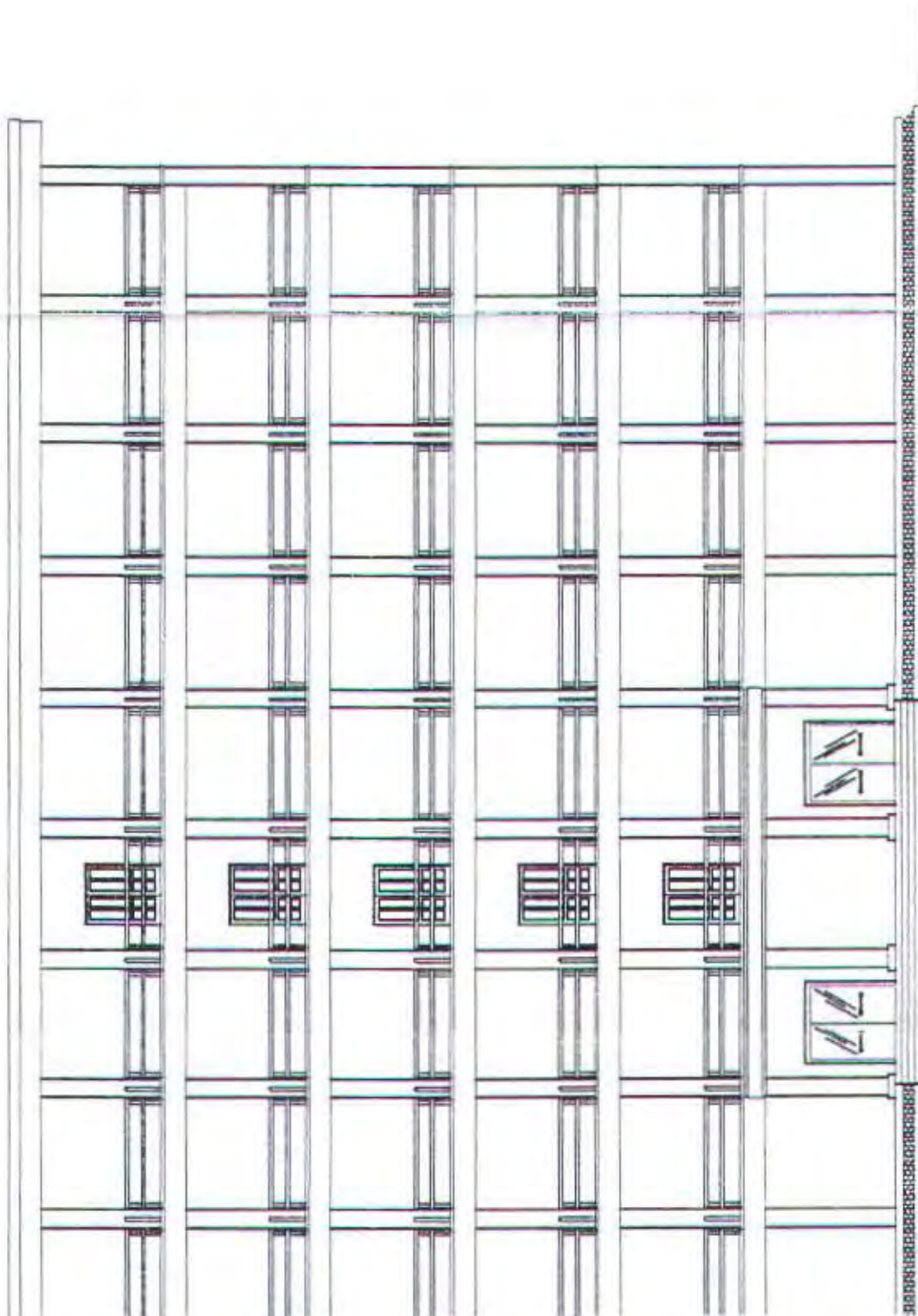
WIKI PILE CLASSIFICATION

| Pile No. | Diameter (mm) | Length (mm) | Type | Pile W.P.E.E. | | Area of Light (cm ²) | Area of Concrete (cm ²) | Sec Mod (cm ⁴) | Effective Stress (kg/cm ²) | Allowable Axial Load (kg) | Allowable Moment (kg-m) | Unit (kg) |
|----------|---------------|-------------|------|---------------|-------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--|---------------------------|-------------------------|-----------|
| | | | | Off (mm) | Angle | | | | | | | |
| 1 | 350 | 70 | A1 | 7 | 8 | 3.08 | 615.75 | 3711.17 | 46.74 | 92.15 | 3.50 | 5.25 |
| | | | A3 | 7 | 12 | 4.62 | 615.75 | 3734.91 | 66.67 | 88.89 | 4.20 | 6.30 |
| | | | B | 7 | 16 | 6.16 | 615.75 | 3758.65 | 84.46 | 85.97 | 5.00 | 9.00 |
| | | | C | 9 | 12 | 7.63 | 615.75 | 3781.43 | 100.95 | 83.26 | 6.00 | 12.00 |
| 2 | 400 | 75 | A2 | 7 | 12 | 4.62 | 765.77 | 5405.79 | 55.25 | 112.87 | 5.50 | 8.25 |
| | | | A3 | 7 | 16 | 6.16 | 765.77 | 5432.93 | 70.73 | 109.71 | 6.50 | 9.75 |
| | | | B | 9 | 12 | 7.63 | 765.77 | 5458.95 | 80.16 | 107.79 | 7.50 | 13.50 |
| | | | | 7 | 20 | 7.70 | 765.77 | 5460.06 | 84.84 | 106.83 | 7.50 | 13.50 |
| | | | C | 9 | 16 | 10.18 | 765.77 | 5503.81 | 105.53 | 102.62 | 9.00 | 18.00 |
| 3 | 450 | 80 | A1 | 7 | 12 | 4.62 | 929.91 | 7499.79 | 46.49 | 139.23 | 7.50 | 11.25 |
| | | | A2 | 7 | 16 | 6.16 | 929.91 | 7532.03 | 59.97 | 135.90 | 8.50 | 12.75 |
| | | | A3 | 9 | 12 | 7.63 | 929.91 | 7562.96 | 67.46 | 134.04 | 10.00 | 15.00 |
| | | | | 7 | 20 | 7.70 | 929.91 | 7564.27 | 72.49 | 132.79 | 10.00 | 15.00 |
| | | | B | 7 | 24 | 9.24 | 929.91 | 7596.51 | 84.08 | 129.92 | 11.00 | 19.80 |
| | | | C | 9 | 20 | 12.72 | 929.91 | 7669.56 | 108.62 | 123.85 | 12.50 | 25.00 |
| 4 | 500 | 90 | A1 | 7 | 16 | 6.16 | 1159.25 | 10362.44 | 49.45 | 172.66 | 10.50 | 15.75 |
| | | | A2 | 7 | 20 | 7.70 | 1159.25 | 10399.83 | 60.19 | 169.34 | 12.50 | 18.75 |
| | | | | 9 | 12 | 7.63 | 1159.25 | 10398.31 | 56.02 | 170.63 | 12.50 | 18.75 |
| | | | A3 | 7 | 24 | 9.24 | 1159.25 | 10437.22 | 70.32 | 166.21 | 14.00 | 21.00 |
| | | | B | 7 | 28 | 10.78 | 1159.25 | 10474.61 | 80.48 | 163.08 | 15.00 | 27.00 |
| | | | C | 9 | 24 | 15.27 | 1159.25 | 10583.74 | 104.56 | 155.64 | 17.00 | 34.00 |
| | 600 | 100 | A1 | 7 | 20 | 7.70 | 1570.80 | 17255.62 | 46.00 | 235.40 | 17.00 | 25.50 |
| | | | A2 | 7 | 24 | 9.24 | 1570.80 | 17303.38 | 54.13 | 232.00 | 19.00 | 28.50 |
| | | | A3 | 9 | 20 | 12.72 | 1570.80 | 17411.58 | 66.82 | 226.69 | 22.00 | 33.00 |
| | | | | 7 | 32 | 12.32 | 1570.80 | 17398.90 | 69.38 | 225.62 | 22.00 | 33.00 |
| | | | B | 9 | 24 | 15.27 | 1570.80 | 17490.53 | 80.13 | 221.12 | 25.00 | 45.00 |
| | | | C | 9 | 32 | 20.36 | 1570.80 | 17640.44 | 102.89 | 211.60 | 29.00 | 56.00 |

Notes :

1. Piles generally comply to JIS A 5335 - 1987 and modified to suit ACI 543 - 1979 & P.B.I 71.
2. Specified Concrete cube Compressive strength is 600 Kg/cm² at 28 days.
3. Allowable axial load is applicable to pile acting as a short strut.

| | | | | |
|-------------------------------------|--|---|------|--|
| INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER | | S U R A B A Y A | 2000 | |
| NAMA TUGAS | | | | |
| LAPORAN TUGAS AKHIR | | MODERASI & PERENCANAAN STRUKTUR BETON GEORG KANTOH PT. PTN JAYA BALI & TAMAR S U R A B A Y A DENGAN METODE DESAIN KAPASITAS | | |
| NAMA MAHASISWA | | HERWAN WIDIYANTO | | |
| N R P | | 3197 109 526 | | |
| DOSEN PEMBIMBING | | H. KURNIADI SUPRIPTO, MS | | |
| CATATAN | | PAGAR | | |
| NAMA GAMBAR | | TAMPAK DEPAN | | |
| SKALA : | | | | |



TAMPAK DEPAN

NAMA TUGAS

LAPORAN TUGAS AKHIR

MODIFIKASI & PENINGKATAN STRUKTUR BETON
SEDUNG KANTON PT. PULP JAWA BARU & TRUSMI II
S U R A B A Y A
DEKORASI MELUKA DENGAN KAPASITAS

NAMA MANAJEMEN

HERMAN WIDYANTO

N R P

3197 109 526

DOSEN PEMBIMBING

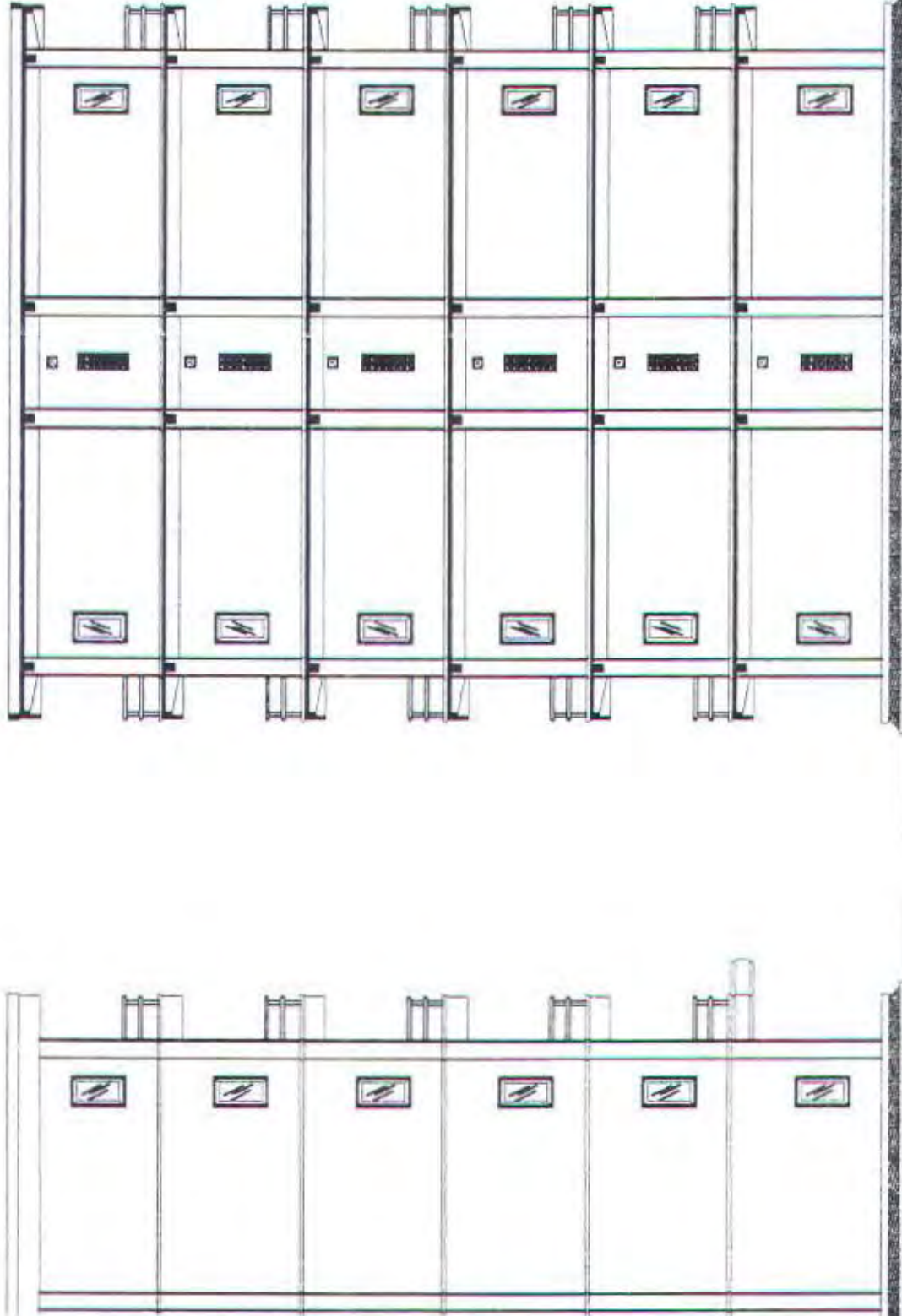
R. KURNIAH SURIPATNO, MS

PANGRAF

CATATAN :

NAMA GAMBAR

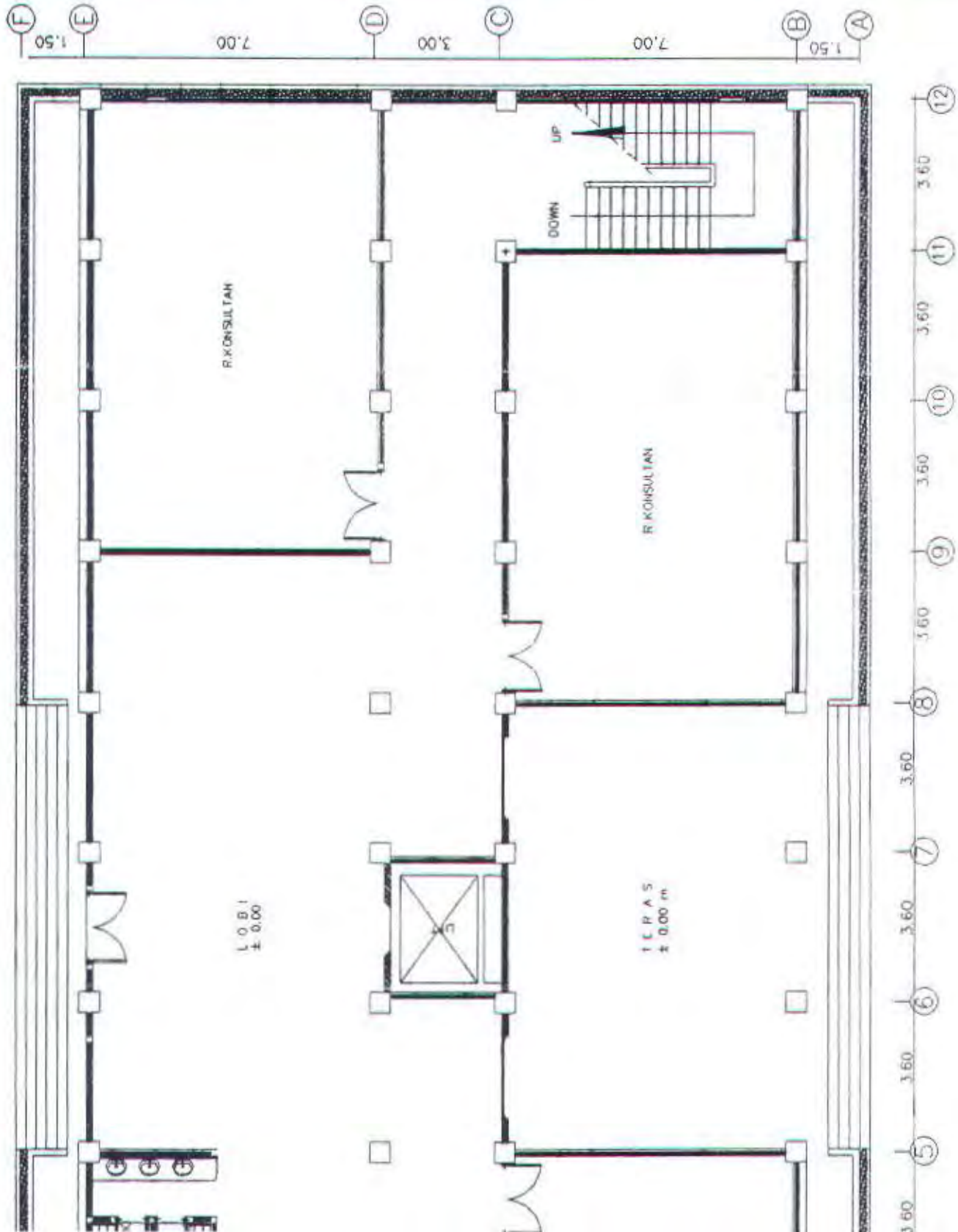
SKALA :



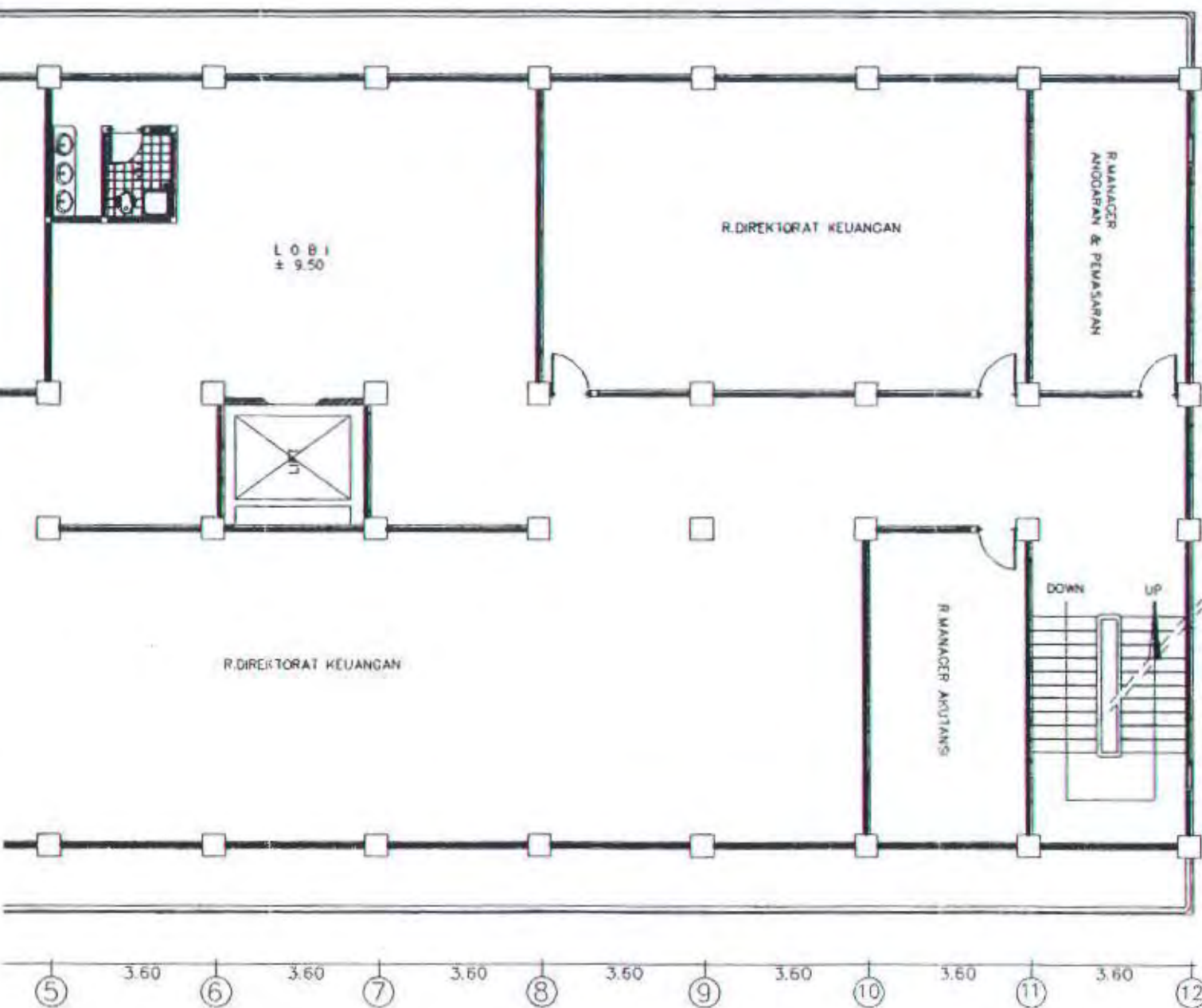
POTONGAN MELINTANG

IPING

| | | | |
|---|--|------------------|--|
| JURUSAN TEKNIK SIPIL 51 EXTENS INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER S U R A B A Y A 2 0 0 0 | | NAMA TUGAS | |
| MODIRAS & PERENCANAAN STRUKTUR BETON GEDUNG KANTOR PT. PLN JAWA BARU & TULUNG S U R A B A Y A DENGAN METODE DESAIN KAPASITAS | | NAMA MAHASISWA | |
| | | HERWAN WIDIYANTO | |
| N R P | | 3197 109 526 | |
| DOSEN PEMBIMBING | | RADAF | |
| R. KURNIAWATI SUPRIPTO, MS | | | |
| CATATAN 1 | | | |
| | | NAMA GAMBAR | |
| | | DENAH LANTAI 1 | |



DENAH LANTAI 1



DENAH LANTAI 2 S/D 5

ALA = 1 : 100



| | |
|--|-------|
| JURUSAN TEKNIK SIPIL S1 EXTENSI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2000 | |
| NAMA TUGAS | |
| LAPORAN TUGAS AKHIR | |
| MODIFIKASI & PERENCANAAN STRUKTUR BETON GEDUNG KANTOR PT. PLN JAWA BARU & KAWASAN SURABAYA DENGAN METODE DESAIN KAPASITAS | |
| NAMA MAHASISWA | |
| HERWAN WIDIYANTO | |
| N R P | |
| 3197 109 526 | |
| Dosen Pembimbing | Paraf |
| B. KURNIAH SUPRAPTO, MS | |
| CATATAN : | |
| | |
| NAMA GAMBAR | |
| DENAH LANTAI 2 S/D 5 | |

NAMA TUGAS

LAPORAN TUGAS AKHIR

MOTIVASI & PERENCANAAN STRUKTUR BETON
GEDUNG KANTOR PT. PLN JAWA BARU & TAMBAH 1
S U B A B A Y A
DENGAN METODE DESAIN KAPASITAS

NAMA MAHASISWA

HERWAN WIDIYANTO

N R P

3197 109 526

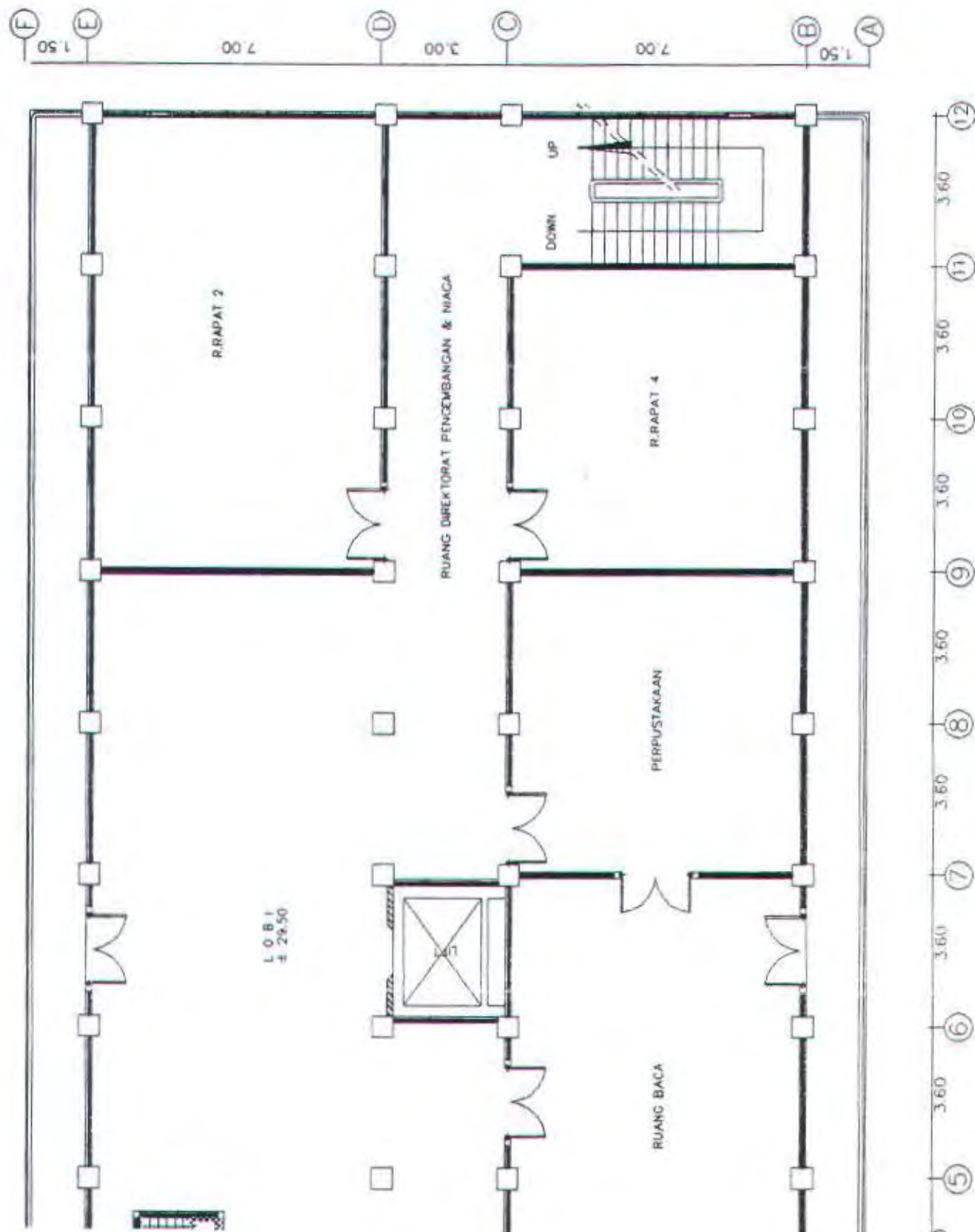
DOSEN PEMBIMBING

Dr. KURNIAH SUPRIATNO, MS

CATATAN :

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 5



NAMA TUGAS

LAPORAN TUGAS AKHIR

MODIFIKASI & PERENCANAAN STRUKTUR BETON
CEKUNG NANGKOP DI, PAN JAWA BARU II TAHAP II
S U R A B A Y A
DENGAN METODE DESAIN KAPASITAS

NAMA MAHASISWA

HERWAN WIDIYANTO

N R P

3197 109 526

DOSEN PEMBIMBING

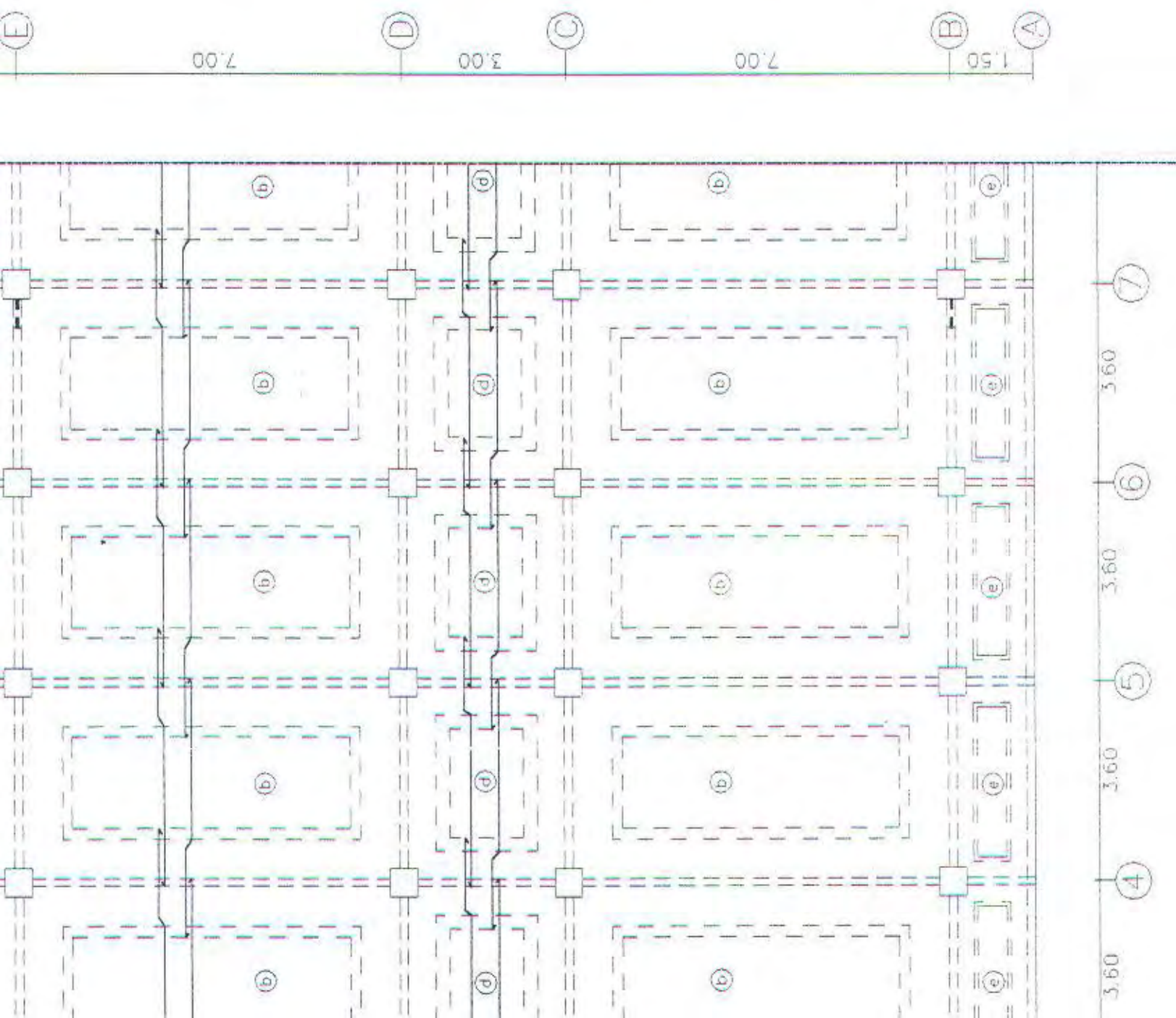
IR. KURNIAN SUPRIAPTO, MS

PARAF

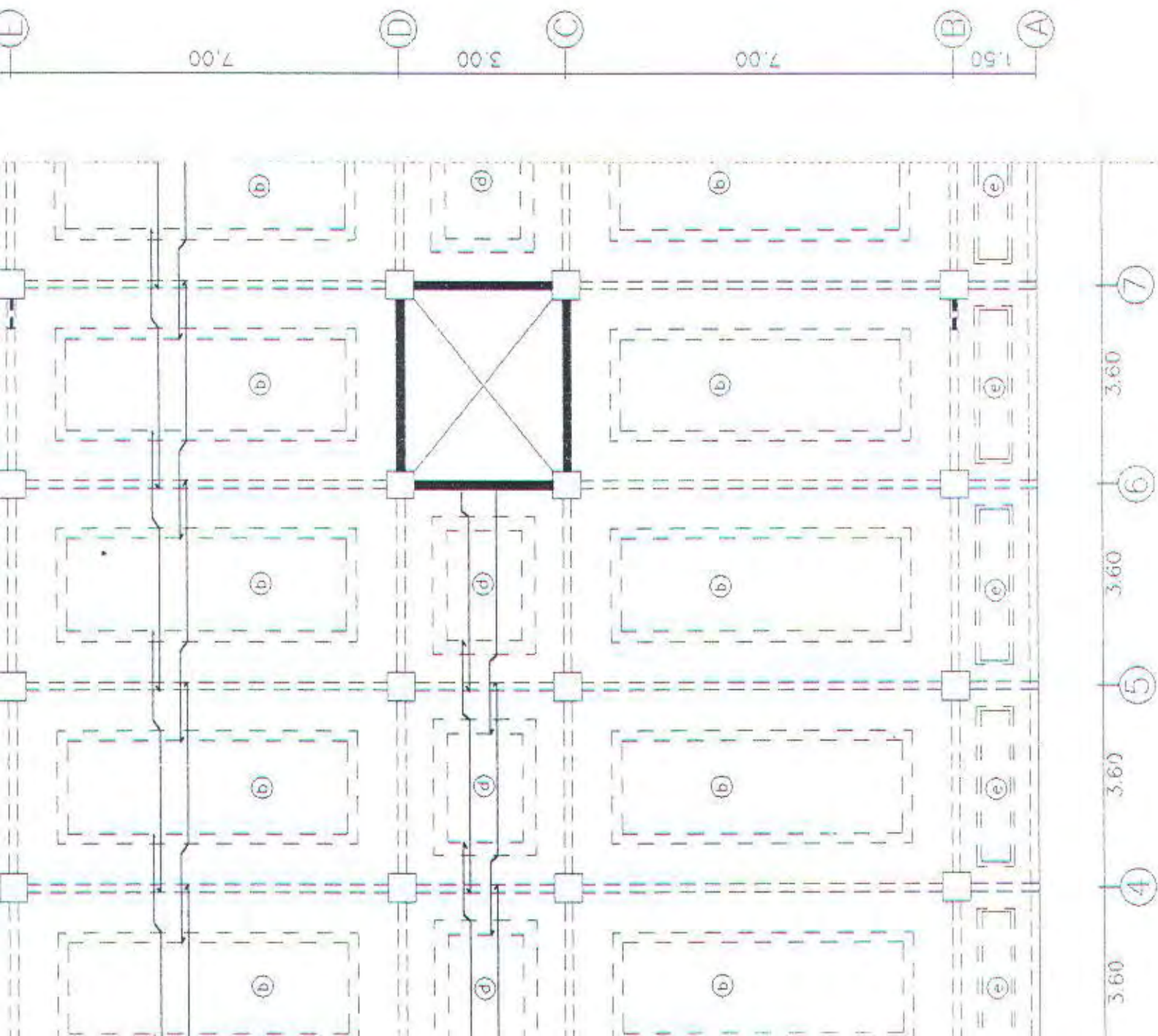
CATATAN :

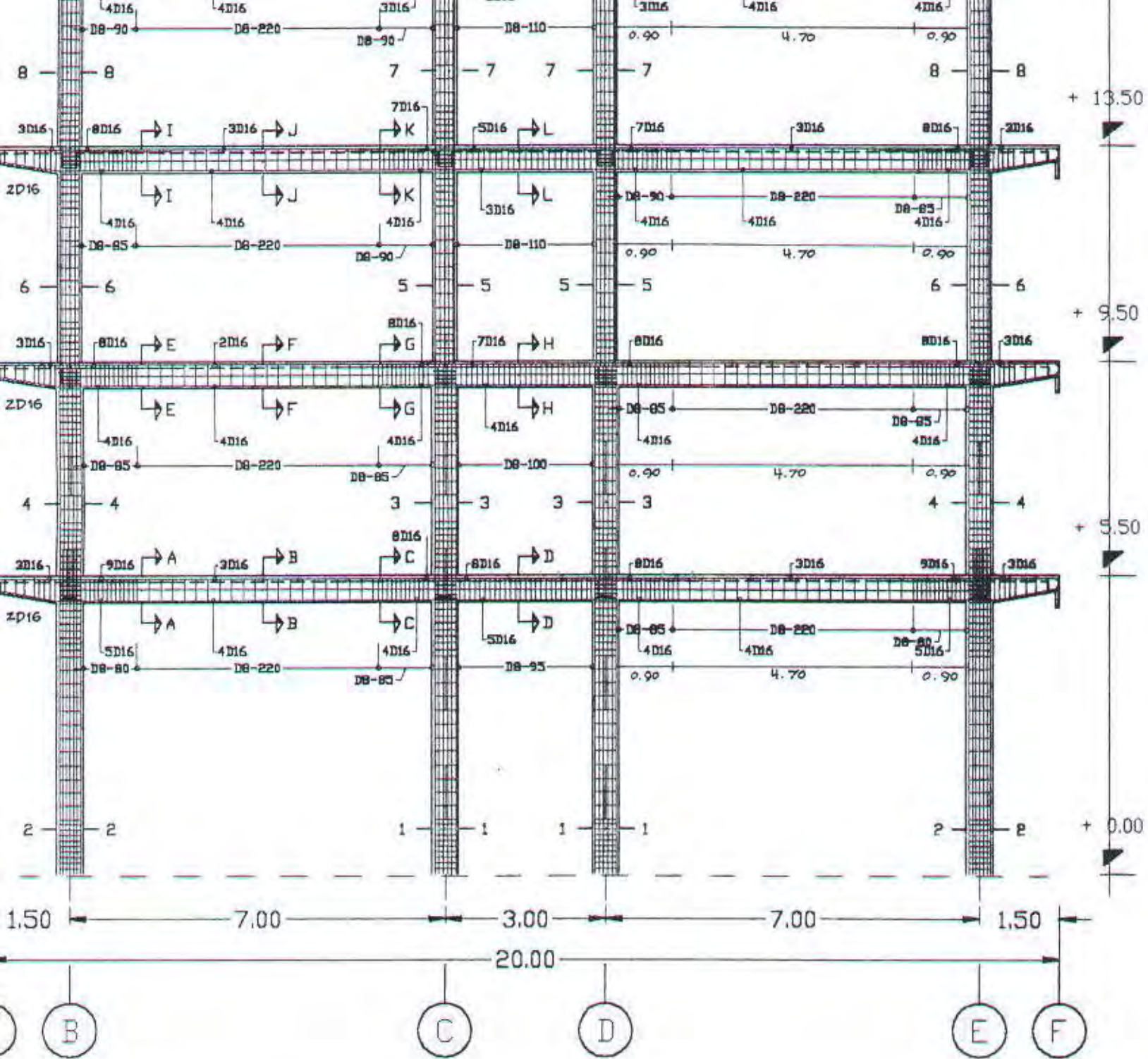
NAMA GAMBAR

DENAH TULANGAN
PELAY ATAP

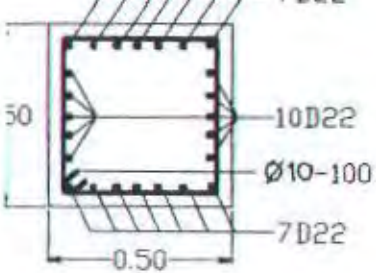


| | |
|--|-------|
| NAMA TUGAS | |
| LAPORAN TUGAS AKHIR | |
| MENGURAI & PERENCANAAN STRUKTUR BETON GEDUNG KANTOR PT. PTL JAWA TIMUR II TINGKAT II S U B A B A Y A DENGAN METODE DESAIN KAPITAS | |
| NAMA MAHASISWA | |
| HERWAN WIDIYANTO | |
| N R P | |
| 3197 109 526 | |
| DOSEN PEMBIMBING | PAPAT |
| P. KUBILAN SUPRATNO, MS | |
| CATATAN : | |
| | |
| NAMA GAMBAR | |
| DENAH TULANGAN PELAT LANTAI | |

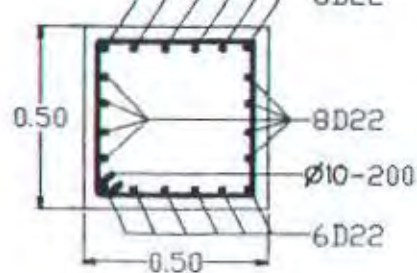




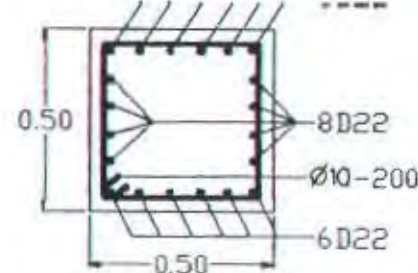
| | |
|--|--|
| JURUSAN TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2000 | |
| NAMA TUJAS | |
| LAPORAN TUGAS AKHIR | |
| MATERI KULIAH & PERENCANAAN STRUKTUR BETON GOLONGAN RANGKAI RUMAH SAKIT & TAMPAK II S U R A B A Y A DEKORASI BETON & DESAIN KAPASITAS | |
| NAMA KARYASISWA | |
| HERMAN WIDYANTO | |
| N R P | |
| 3197 109 526 | |
| DOSEN PEMBIMBING | |
| B. KURNIAWAN SUPRIATNO, MS | |
| CATATAN : | |
| DETAIL TULANGAN PORTAL MELINTANG AS 1 | |



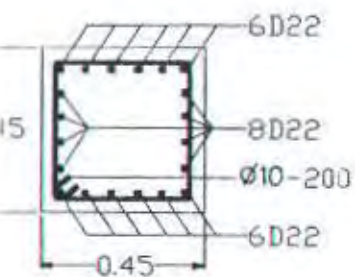
POT.KOLOM 2 - 2



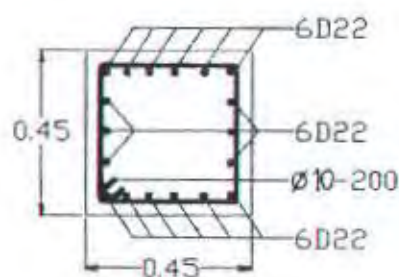
POT.KOLOM 3 - 3



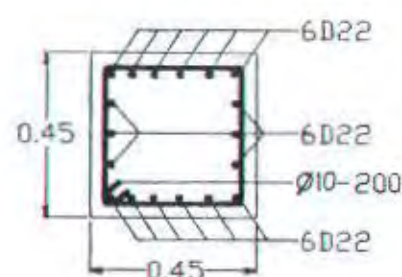
POT.KOLOM 4 - 4



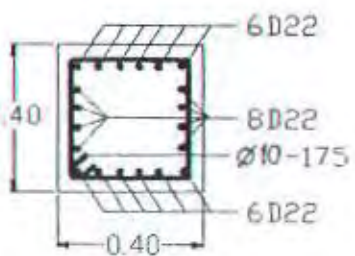
POT.KOLOM 6 - 6



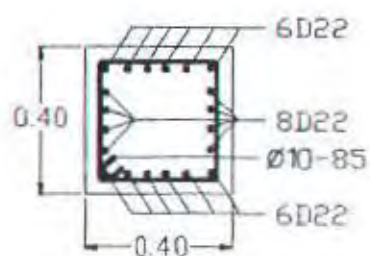
POT.KOLOM 7 - 7



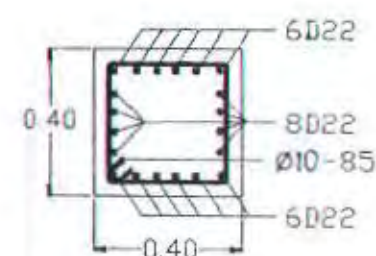
POT.KOLOM 8 - 8



POT.KOLOM 10 - 10



POT.KOLOM 11 - 11



POT.KOLOM 12 - 12

KOLOM PORTAL AS-1



NAMA TUGAS

LAPORAN TUGAS AKHIR

MODIFIKASI & PERENCANAAN STRUKTUR BETON
GEDUNG KANTOR PT. PEN. JAWA BAIT II TAHAP II
S U R A B A Y A
DENGAN METODE DESAIN KAPASITAS

NAMA MAHASISWA

HERWAN WIDIYANTO

N R P

3197 109 526

DOSSEN PEMBIMBING

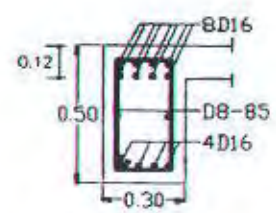
PARAF

Ir. KURNIAWAN SUPRATNO, MS

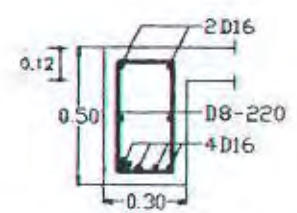
CATATAN :

NAMA GAMBAR

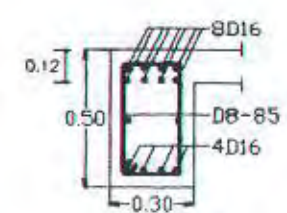
DETAIL PENAMPANG BALOK
PORTAL MELINTANG AS 1



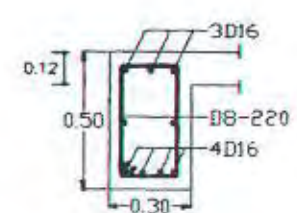
POT.BALOK E - E



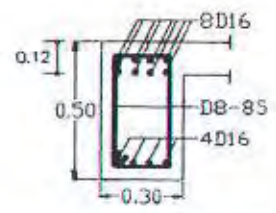
POT.BALOK F - F



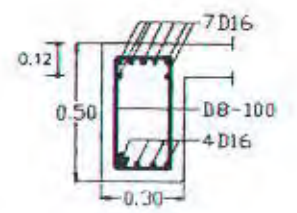
POT.BALOK I - I



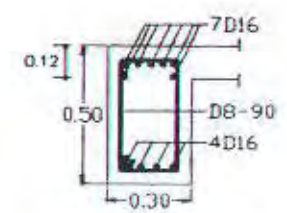
POT.BALOK J - J



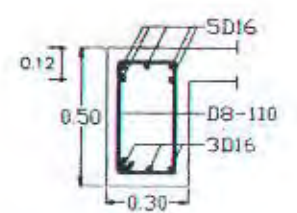
POT.BALOK G - G



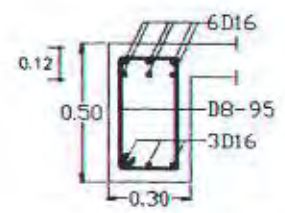
POT.BALOK H - H



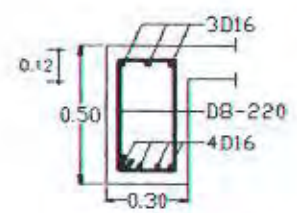
POT.BALOK K - K



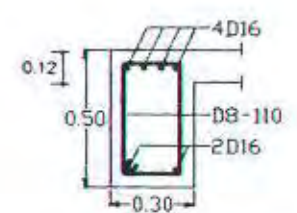
POT.BALOK L - L



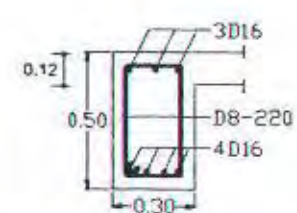
POT.BALOK Q - Q



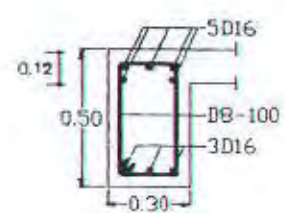
POT.BALOK R - R



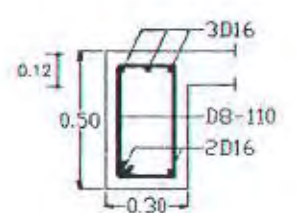
POT.BALOK U - U



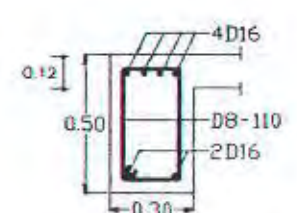
POT.BALOK V - V



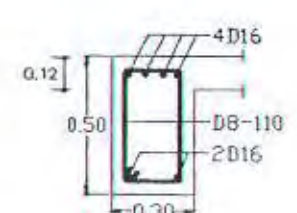
POT.BALOK S - S



POT.BALOK T - T

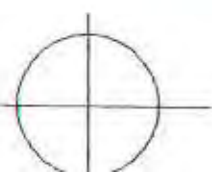


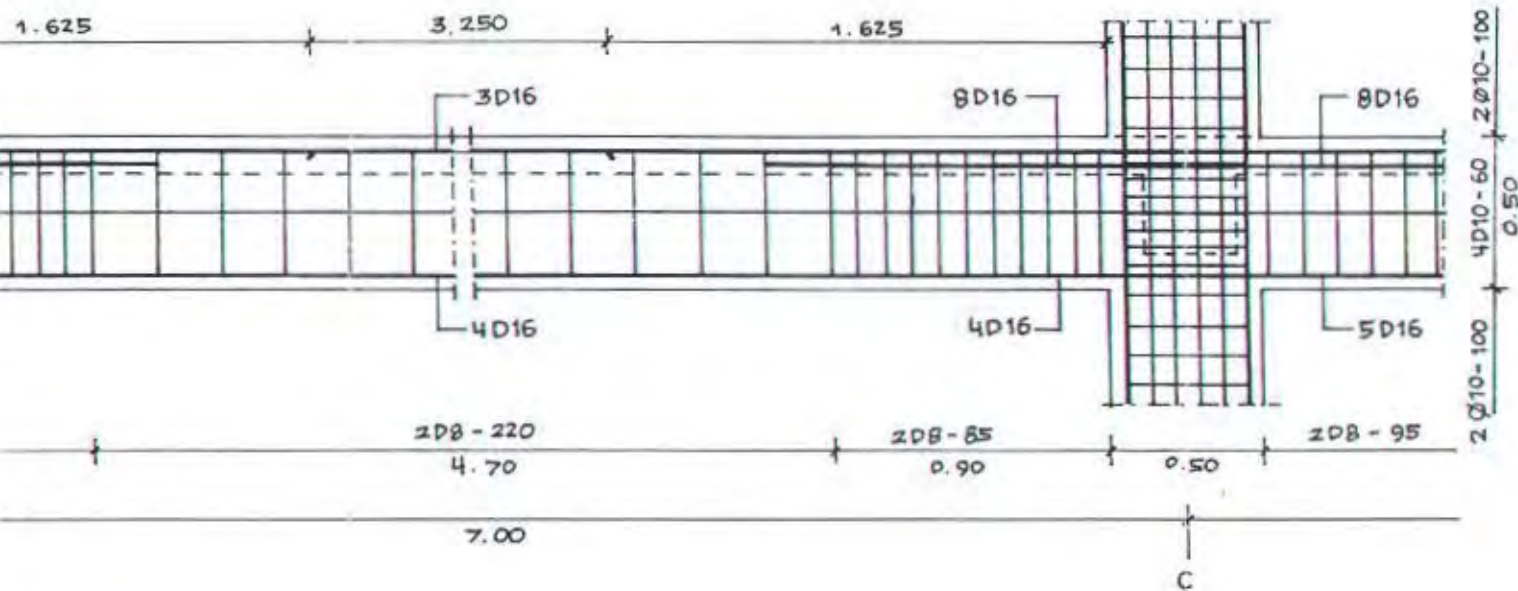
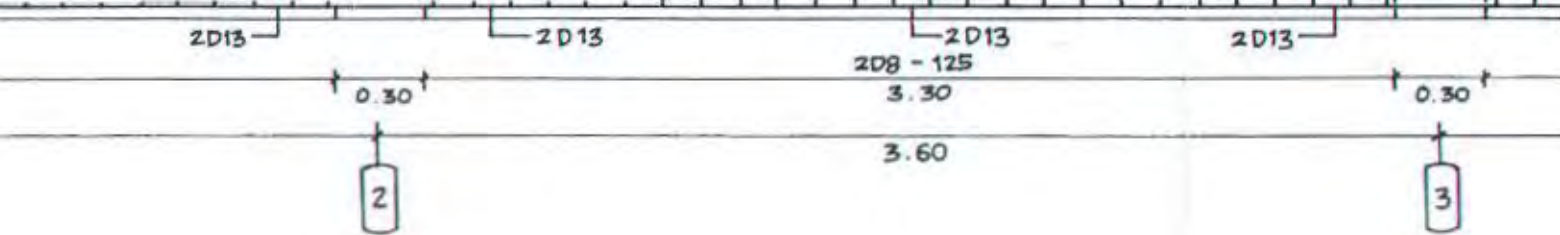
POT.BALOK W - W



POT.BALOK X - X

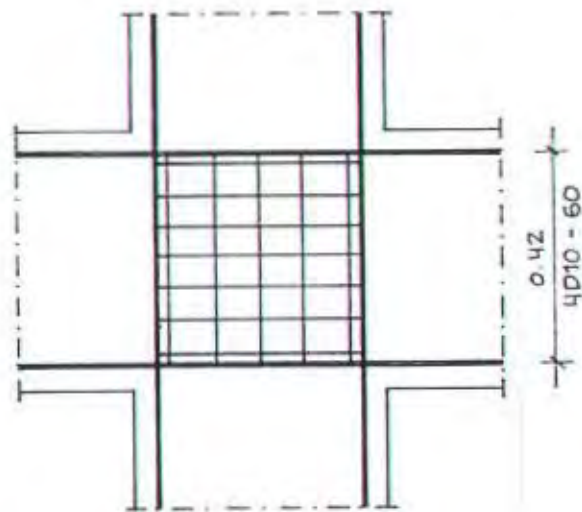
BALOK PORTAL AS-1





& JOINT

0.12



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S1 EXTENDSI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
S U R A B A Y A
2 0 0 0

NAMA TUGAS

LAPORAN TUGAS AKHIR

MODUL 2 & PERENCANAAN STRUKTUR BETON
GEOLING KANTOR PT. PAN JAWA BARU K TANGAP
S U R A B A Y A
DENGAN METODE DESAIN KAPASITAS

NAMA MAHASISWA

HERWAN WIDIYANTO

N R P

3197 109 526

Dosen Pembimbing

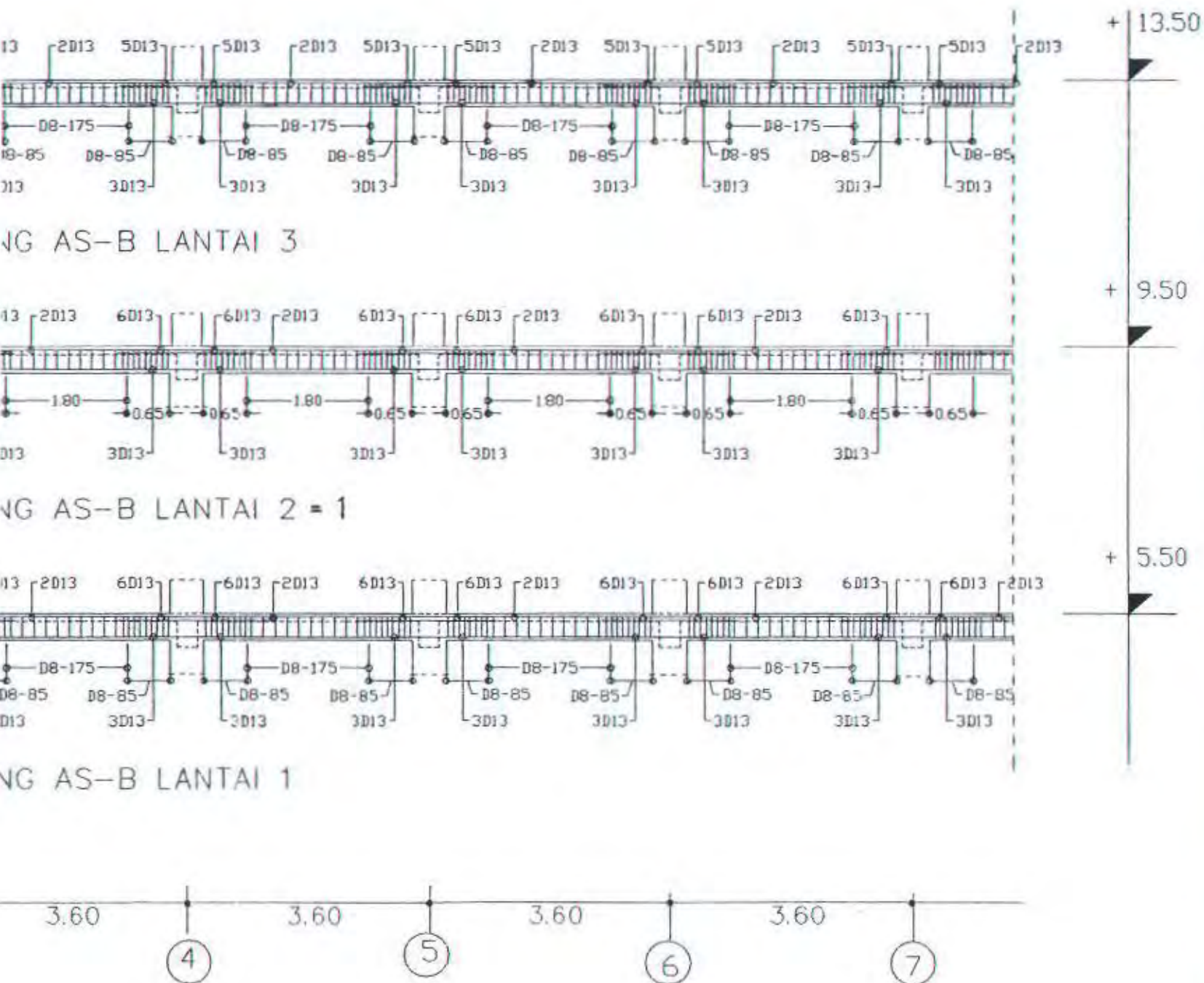
PABAT

Dr. KURNIAH SUPRATNO, MS

CATATAN :

NAMA GAMBAR

- DETAIL TULANGAN BALOK PABAT TETAP
- DETAIL TULANGAN BALOK PORTAL & JOINT



NAMA TUGAS

LAPORAN TUGAS AKHIR

MODIFIKASI & PERENCANAAN STRUKTUR BERTUMBUHAN
GEDUNG KAFOR PT PLN JAWA BALI 8 TINGKAT
SURABAYA
DENGAN METODE DESAIN KAPASITAS

NAMA MAHASISWA

HERWAN WIDIYANTO

N R P

3197 109 526

DOSEN PEMBIMBING

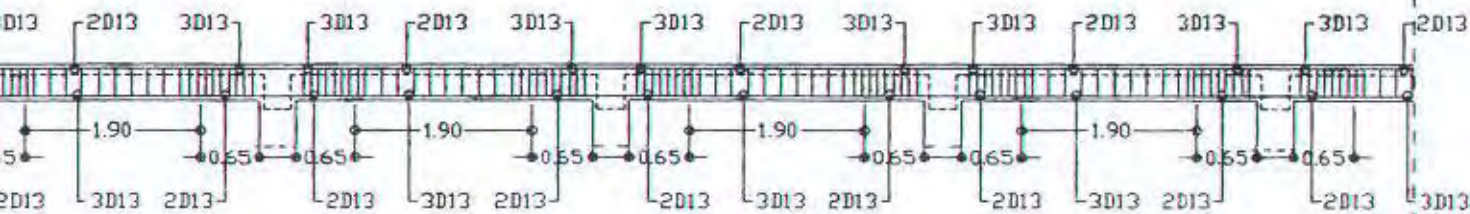
PARAF

Dr. KURDIAN SUPRATNO, MS

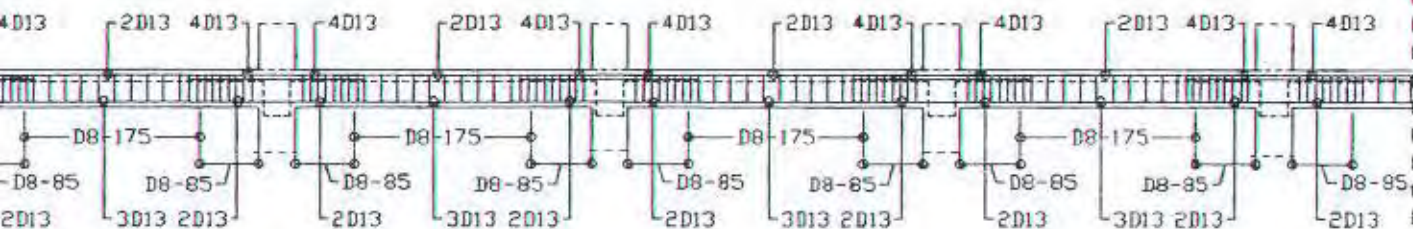
CATATAN :

NAMA GAMBAR

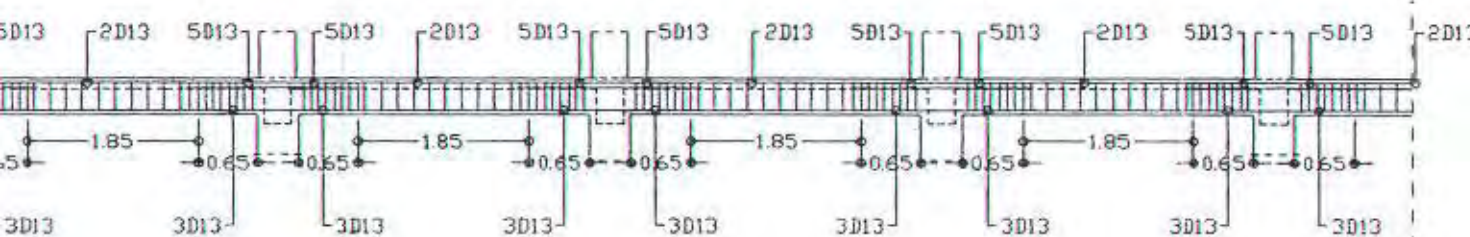
TULANGAN PORTAL
MEMANJANG AS B



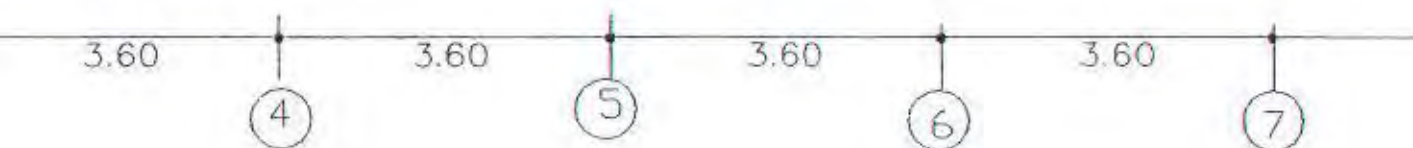
ANG AS-B LANTAI 6 (ATAP)



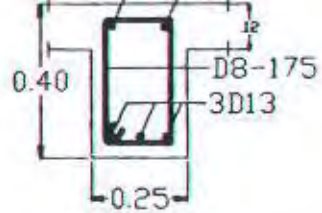
ANG AS-B LANTAI 5



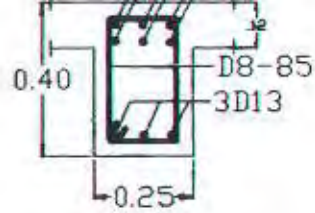
ANG AS-B LANTAI 4 = 3



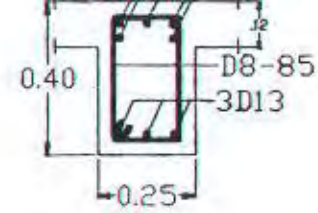
| | |
|--|-------|
| JURUSAN TEKNIK SIPIL & LINGKUNGAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2000 | |
| NAMA TUGAS | |
| LAPORAN TUGAS AKHIR | |
| MODIFIKASI & PERENCANAAN STRUKTUR BETON GEDUNG KANTOR PT. PLN JAWA BALI II TAHAP II SURABAYA DENGAN METODE DESAIN KAPASITAS | |
| NAMA MAHASISWA | |
| HERWAN WIDIYANTO | |
| N R P | |
| 3197 109 526 | |
| DOSEN PEMBIMBING | PARAF |
| Dr. KURNIAH SUPRPTO, MS | |
| CATATAN : | |
| | |
| NAMA GAMBAR | |
| TULANGAN PORTAL MEMANJANG AS B | |
| SKALA : | |



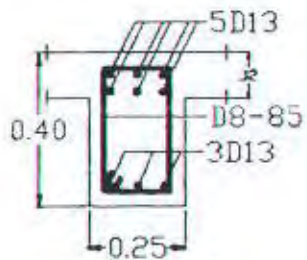
POT.BALOK Bb - Bb



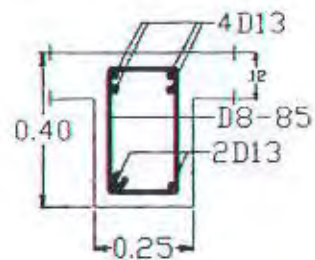
POT.BALOK Cc - Cc



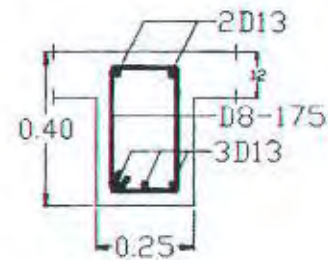
POT.BALOK Dd - Dd



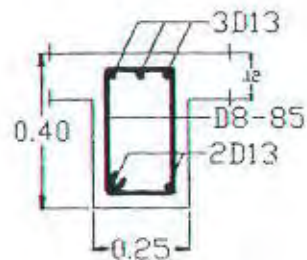
POT.BALOK Ff - Ff



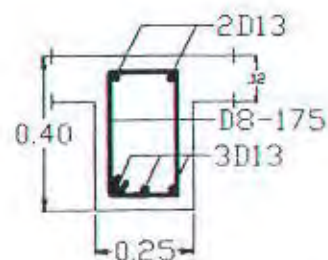
POT.BALOK Gg - Gg



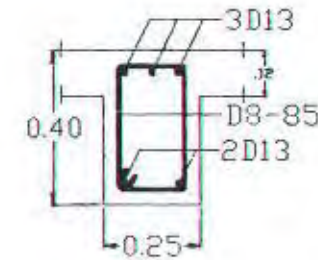
POT.BALOK Hh - Hh



POT.BALOK Jj - Jj



POT.BALOK Kk - Kk



POT.BALOK Ll - Ll

NAMA TUGAS

LAPORAN TUGAS AKHIR

MODIFIKASI & PERENCANAAN STRUKTUR BETON
GEDUNG KANTOR PT. PLN JAWA BALI 3 TAHAP II
SURABAYA
DENGAN METODE DESAIN NAFASITAS

NAMA MAHASISWA

HERWAN WIDIYANTO

N R P

3197 109 526

DOSEN PEMBIMBING

PARAF

Dr. KUDADIYAN SUPRATNO, MS

CATATAN :

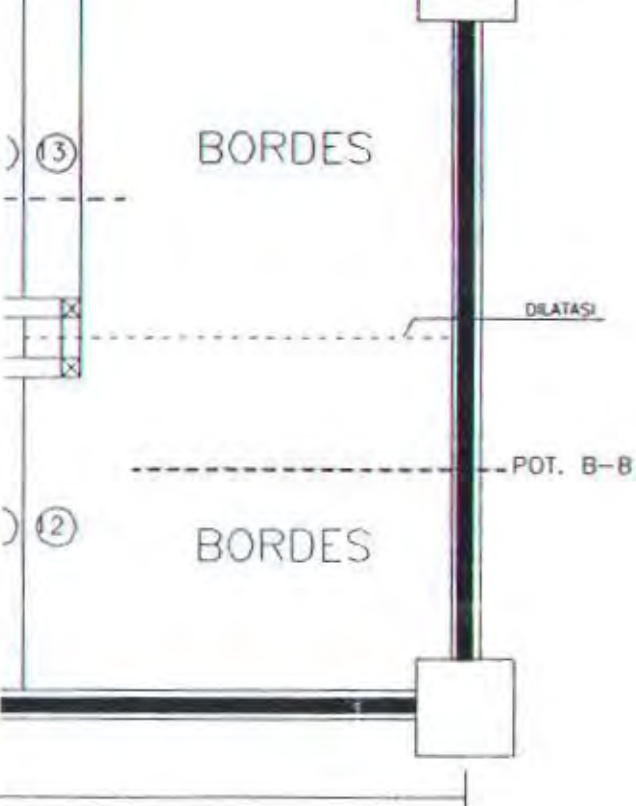
NAMA GAMBAR

DETAIL PENAMPANG BALOK
PORTAL MEMANJANG AS B

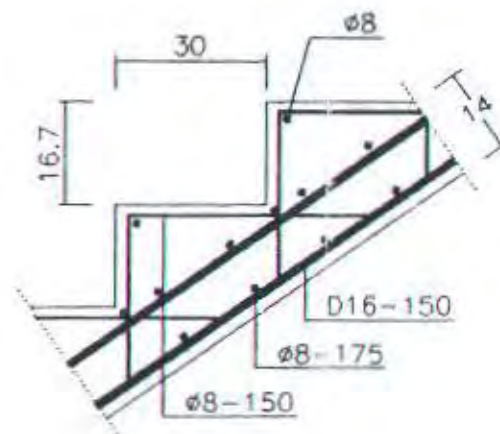
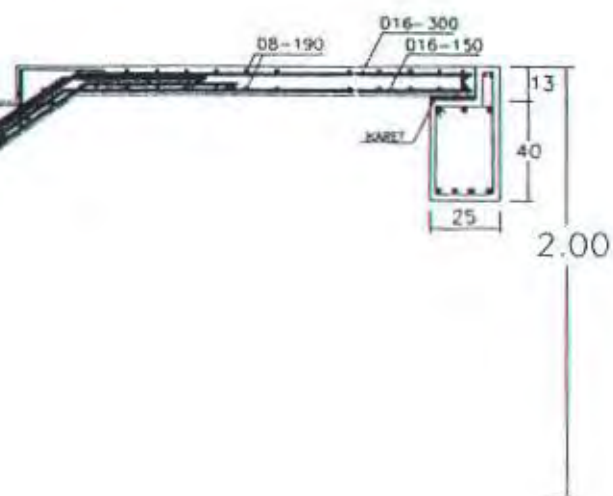
SKALA :

NO. LEMBAR

JML. LEMBAR



K ATAS



DETAIL A

SKALA 1 : 10

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S1 EXTENSI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
S U R A B A Y A
2 0 0 0

NAMA TUGAS

TUGAS AKHIR
JUDUL :

MODIFIKASI & PERENCANAAN STRUKTUR BETON
GEDUNG KANTOR PT. PLN JAWA BALI II TAHAP II
S U R A B A Y A
DENGAN METODE DESAIN KAPASITAS

NAMA MAHASISWA

HERWAN WIDIYANTO

N R P

3197 109 526

DOSEN PEMBIMBING

PARAF

P. KURDIAN SUPRANTO, MS

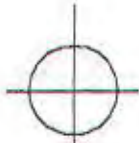
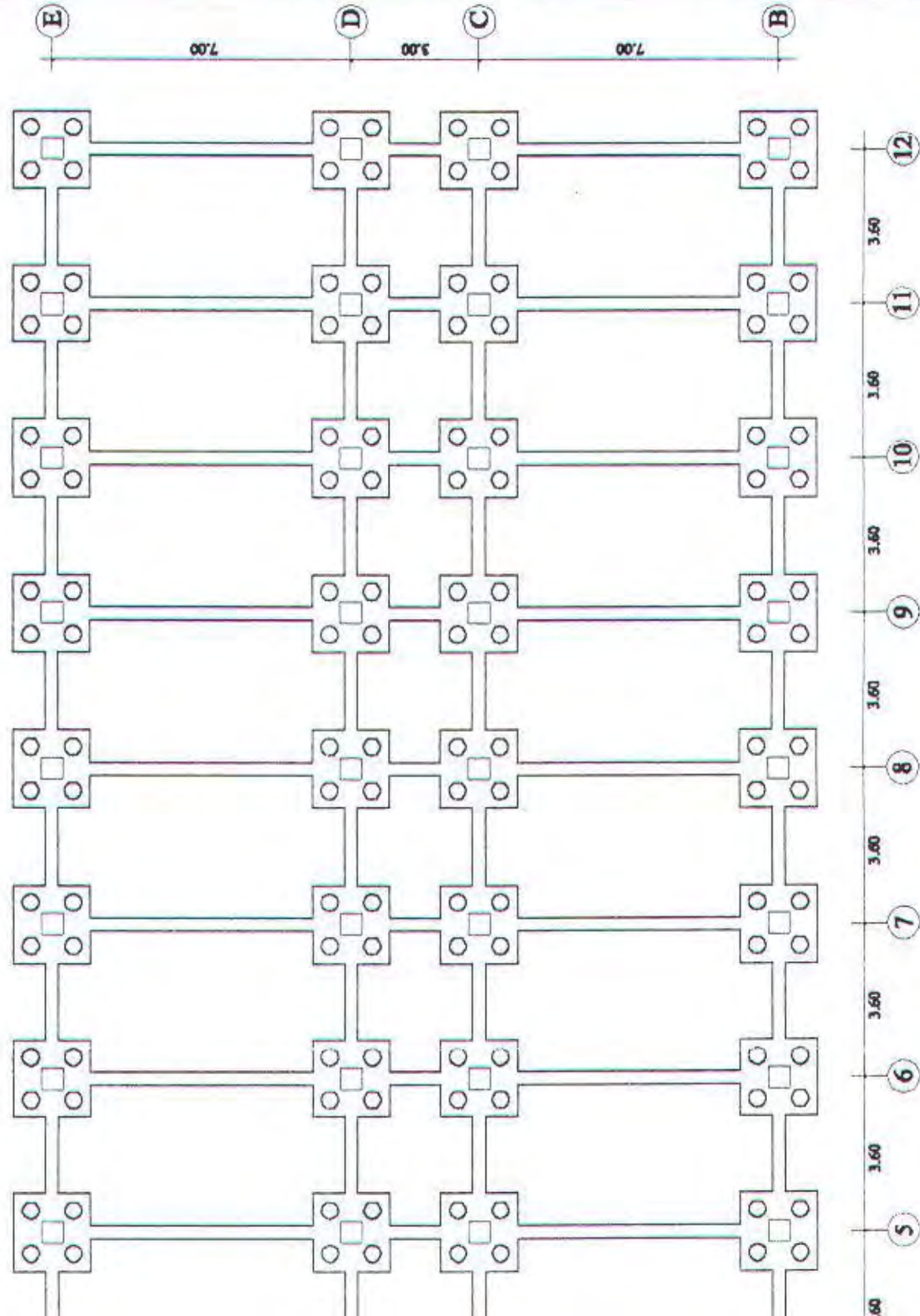
C A T A T A N :

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN TANGGA

SKALA : 1 : 25

| | |
|--|---------------------------|
| INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER S U R A B A Y A X 0 0 0 | |
| NAMA TUGAS | |
| LAPORAN TUGAS AKHIR | |
| MATERI & PEMBAHASAN STRUKTUR BETON ORDING MANTAP PT. PUL JAWA DAN 3 LEMBAR 3 S U R A B A Y A DENGAN METODE DESAIN KAPASITAS | |
| NAMA MAHASISWA | |
| HERWAN WIDIYANTO | |
| N R P | |
| 3197 109 526 | |
| DOSEN PEMBIMBING | PWAF |
| | Dr. KURNIAN SUPRIATNO, MS |
| CATATAN : | |
| | |
| NAMA GAMBAR | |
| DENAH RENCANA PONDASI | |
| SKALA : | |



DENAH RENCANA PONDASI

NAMA TUGAS

LAPORAN TUGAS AKHIR

MODIFIKASI & PERENCANAAN STRUKTUR BETON
BETONG KANTOR PT. PLN JAWA TIMUR
S U R A B A Y A
DENGAN METODE DESAIN KAPASITAS

NAMA MAHASISWA

HERWAN WIDIYANTO

N R P

3197 109 526

DOSSEN PEMBIMBING

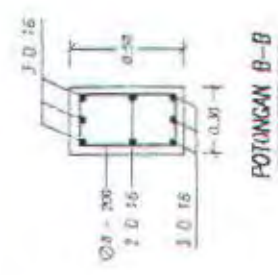
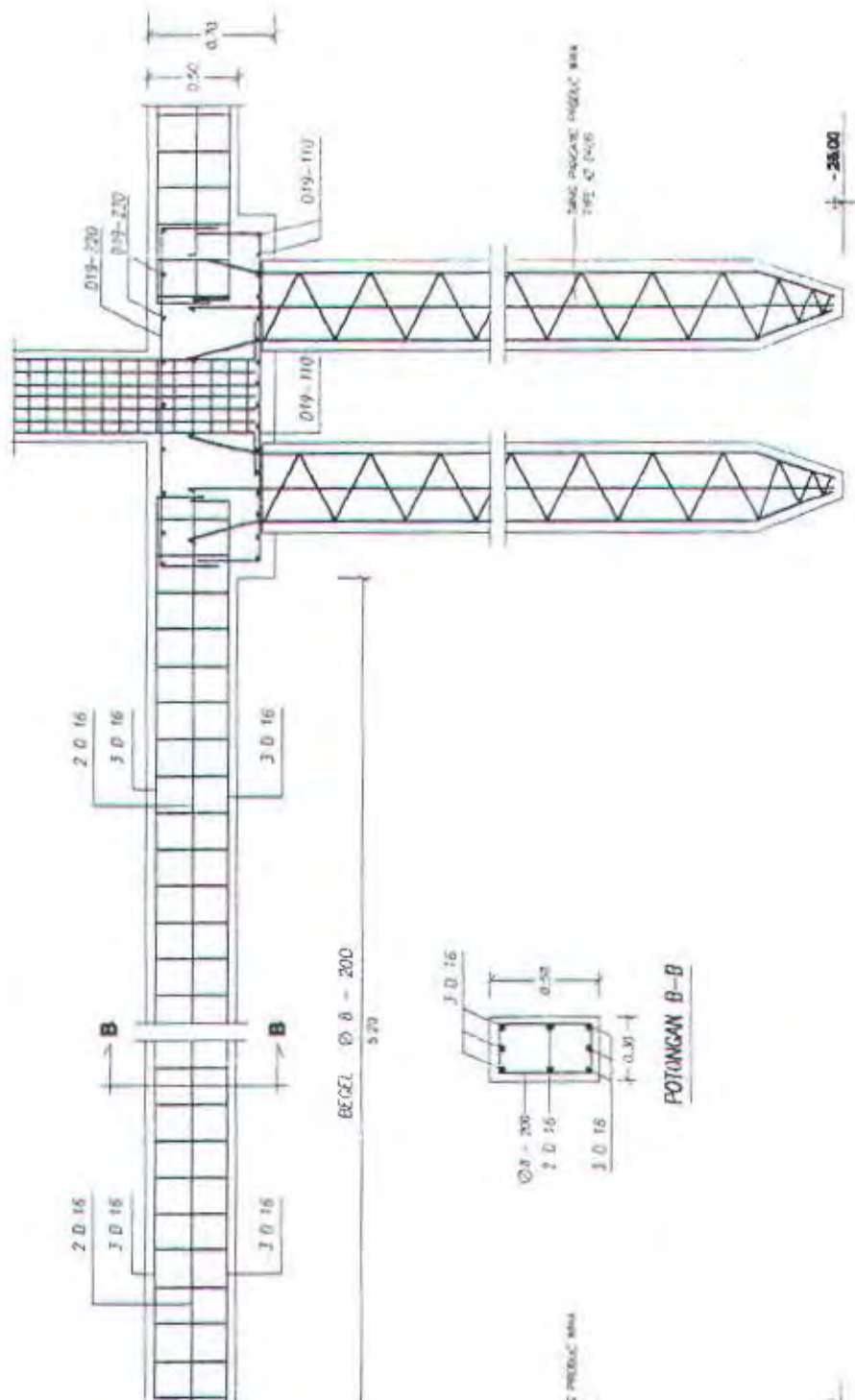
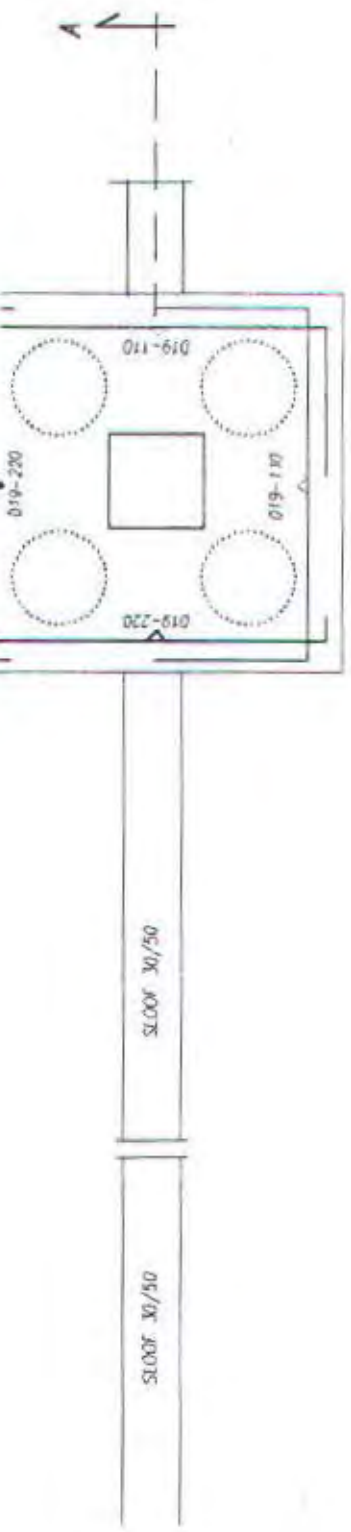
Ir. KORDA RUMAPUTRA, MS

PAJAF

CATATAN :

NAMA GAMBAR

DETAIL TULANGAN PONDASI &
SLOOF



| | |
|---|--------|
| INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER | |
| S U R A B A Y A | |
| 2 0 0 8 | |
| NAMA TUGAS | |
| LAPORAN TUGAS AKHIR | |
| MAGISTER ARSITEKTUR DAN PERENCANAAN STRUKTUR BETON GEDUNG KANTOR PT. PLN JAWA BARAT II (Lantai II) S. U. P. A. B. A. Y. A. DENGAN METODE DESAIN KAWASTAS | |
| NAMA MAHASISWA | |
| HERWAN WIDIYANTO | |
| N R P. | |
| 3197 109 526 | |
| DOSEN PEMBIMBING | PASIAH |
| Ir. KURNIAWAN SUPRIATNO, MS | |
| CATATAN : | |
| | |
| NAMA GAMBAR | |
| DETAIL TULANGAN DINDING GESER | |
| SKALA : | |

